

**Г. И. Гедроить, С. В. Занемонский***УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»**г. Минск, Республика Беларусь**E-mail: zanemanoff@mail.ru***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ**

*Аннотация.* В статье дана оценка применения различных решений по совершенствованию ходовых систем тракторных прицепов.

*Ключевые слова:* транспортировка, прицеп, шина, подвеска, параметры шин.

**G. I. Gedroit, S. V. Zanemonsky***EI “Belarusian State Agrarian Technical University”**Minsk, Republic of Belarus**E-mail: zanemanoff@mail.ru***IMPROVEMENT OF DRIVING SYSTEMS OF TRACTOR TRAILERS**

*Abstract.* The article evaluates the application of various solutions to improve the running systems of tractor trailers.

*Keywords:* transportation, trailer, tire, suspension, tire parameters.

**Введение**

Транспортные средства являются неотъемлемой частью технической базы сельскохозяйственного производства. На внутрихозяйственных перевозках в сельском хозяйстве в основном используется тракторный транспорт [1]. В последнее десятилетие увеличиваются расстояния транспортировки продукции, растет общая масса машин и количество установленных на них осей [2].

Сельскохозяйственные прицепы должны удовлетворять множеству различных требований: устойчивое движение, высокий уровень комфорта для оператора, допустимое уплотнение почвы и повреждение растений, низкие затраты на передвижение [1, 2]. Выполнение перечисленных требований в значительной степени зависит от конструкции ходовых систем прицепов.

**Основная часть**

Показатели эксплуатационных свойств прицепов в полевых условиях можно улучшить, используя шины с увеличенными размерами, повышенными деформационными свойствами, увеличивая количество осей. Важную роль как в поле, так и на дороге играют применяемые подвески. Варианты отечественных и зарубежных шин прицепов приведены в табл. 1 и на рис. 1.

*Таблица 1. Геометрические размеры шин, м*

Шина	Наружный диаметр	Ширина профиля	Высота профиля	Статический радиус	Ширина беговой дорожки протектора	Высота беговой дорожки протектора	Допустимая деформация шины
13,0/75-16 НС8 мод. ФБел-340	0,900	0,336	0,248	0,400	0,27	0,044	0,050
16,5/70-18 НС10 мод. КФ-97	1,065	0,425	0,306	0,484	0,35	0,054	0,049
20/60-22,5 НС12 мод. Бел-87	1,170	0,503	0,302	0,510	0,45	0,088	0,075
24/50-22,5 НС16 мод. Бел-91	1,155	0,612	0,27	0,507	0,55	0,079	0,071
710/45-26,5 НС20 мод. BEL-43 LS2	1,340	0,710	0,32	0,625	0,64	0,010	0,045



Рис. 1. Шины зарубежных большегрузных тракторных прицепов: *а* – диагональная шина 710/45–22.5 TL; *б* – радиальная шина 710/50R26.5TL; *в* – радиальная шина 750/45R26.5TL; *г* – радиальная шина 800/45R26.5TL

Рассмотрим конструкции подвесок зарубежных тракторных прицепов.

На рис. 2, *а* представлена рессорная балансирующая подвеска. Обеспечивает умеренную мягкость и плавность хода. При наезде одного из колес на препятствие значительно снижается вертикальное перемещение несущей рамы прицепа. Основными преимуществами данного типа подвески являются обеспечение хорошего контакта шин с опорным основанием, пониженное динамическое воздействие на раму прицепа и ходовую часть. В то же время жесткость таких подвесок достаточна для обеспечения устойчивости прицепа. Рессорная балансирующая подвеска имеет также сравнительно небольшую стоимость, проста в изготовлении и обслуживании. Применение рессорной подвески оптимально для прицепной техники, эксплуатирующейся на дорогах общего пользования и по умеренному бездорожью. К недостаткам данного типа подвески можно отнести невозможность регулирования жесткости подвески, наличие межлистового трения, что негативно сказывается на долговечности подвески.

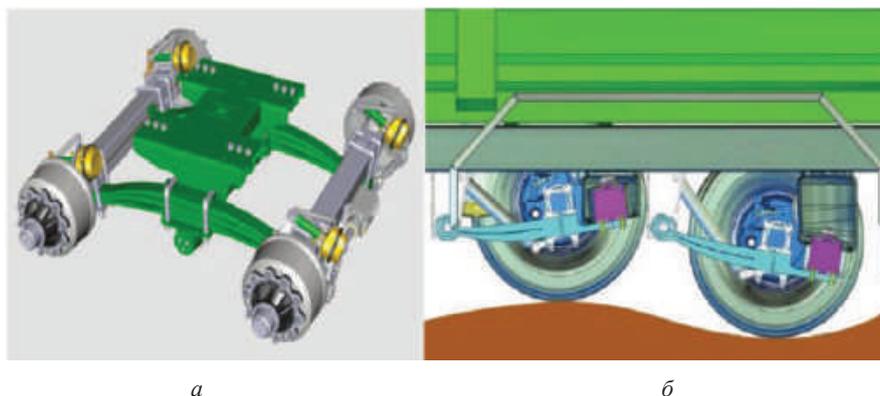


Рис. 2. Двухосная рессорная балансирующая подвеска фирмы Joskin (*а*) и пневматическая подвеска (*б*) тракторных прицепов

В конструкции, предложенной фирмой Joskin (рис. 2, *а*), благодаря расположению осей над рессорами и центральной оси под ними улучшается преодоление препятствий. Необходимая сила буксировки при этом снижается. Такая система рекомендуется при эксплуатации прицепов на неровных участках.

На прицепах может устанавливаться пневматическая подвеска (рис. 2, *б*). Достоинством данной подвески является возможность регулирования жесткости, надежность и долговечность. Недостатки данного типа подвесок: для прицепов с большой грузоподъемностью необходимо использовать большое количество пневмобаллонов для восприятия нагрузки, что усложняет конструкцию подвески и увеличивает ее габариты.

К преимуществам пневматических подвесок следует отнести высокую плавность хода, отсутствие заметных смещений между шасси и осями прицепа, возможность регулировки высоты подвески, поддержание постоянной высоты кузова вне зависимости от загрузки, уменьшение частоты собственных колебаний шасси. Пневмоподвеска позволяет установить поднимаемую переднюю

ось. При движении по дорогам с твердым покрытием или буксировке порожнего прицепа одна ось поднимается, что позволяет уменьшить износ шин и силы сопротивления качению колес, а следовательно, затраты энергии и топлива на передвижение. На разбрасывателях органических удобрений с двойной или тройной осью при поднятии первой оси при разбрасывании на задний мост трактора передается большая нагрузка, что позволяет догрузить задние колеса трактора и увеличить его сцепной вес, а значит, повысить проходимость агрегата.

В последние годы зарубежными производителями представлены модели прицепов с гидравлическими подвесками (рис. 3).

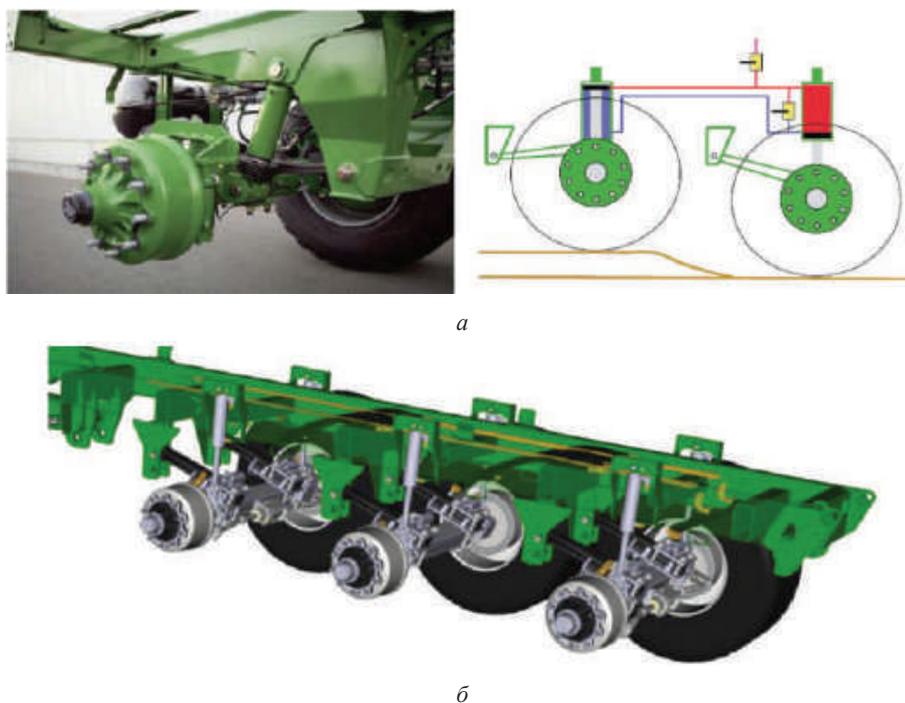


Рис. 3. Гидравлическая двухосная подвеска прицепов фирмы Krone (Германия) (а) и гидравлическая трехосная подвеска Hydro-Tridem прицепов фирмы Joskin (Бельгия) (б)

Функционирование этой подвески опирается на принцип сообщающихся сосудов. Цилиндры, расположенные с одной стороны, соединены между собой закрытой гидравлической системой. Независимые гидросистемы с двух сторон прицепа в сочетании со свойством несжимаемости масла обеспечивают высокую боковую устойчивость. Благодаря этому прицеп намного меньше накрывается на поворотах и на склонах, а нагрузка равномерно распределяется между колёсами.

Наиболее тяжелые условия для движения прицепов складываются при повороте. Уменьшению сопротивления движения способствует применение управляемых колес прицепов. Подруливающие оси прицепов (рис. 4) представляют собой важный узел для обеспечения безопасности, так как они направляют прицеп по линии движения трактора [3].

У двухосных прицепов с балансирной подвеской подруливающей является задняя ось, трехосные ходовые части тракторных прицепов комплектуются двойной системой подруливающих осей (первая и последняя оси), функционирующих в двух направлениях движения.

Прицепы фирмы Joskin с осями Hydro-Tandem и Hydro-Tridem могут быть укомплектованы системой автоматического возврата на уровень: эта система позволяет легко настраивать подвеску в конфигурации «дорога» после проезда, например, под мостом, в туннеле, после проведения технического обслуживания, для которых необходимо опустить ходовую часть до минимума.

Принудительный поворот подруливающих осей прицепов может быть реализован за счет электронной (рис. 4, а, б) или гидравлической системы управления (рис. 4, в). Гидравлическое управление осуществляется при помощи двух гидроцилиндров, установленных на дышле прицепа и соединяемых с трактором посредством тяги с быстроразъемным соединением.

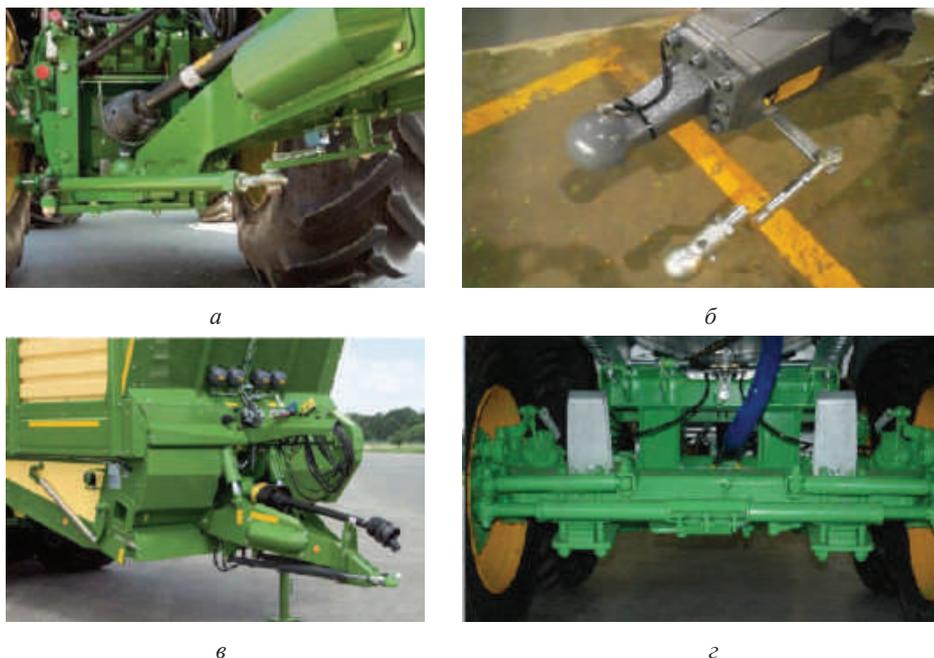


Рис. 4. Подруливающие оси и механизмы управления: *а, б* – механизмы электронного управления прицепов фирм Krone и Joskin; *в* – тягово-сцепное устройство прицепа Krone TX с гидравлическим принудительным управлением; *г* – подруливающая ось Hydro-Tandem и Hydro-Tridem прицепов фирмы Joskin

В системе осей с электронным управлением используются гидроцилиндры и тяги, прицепленные к трактору, но управление осуществляется при помощи мини-компьютера и датчика поворота дышла (рис. 4, *а, б*) [3, 4].

Система электронного принудительного управления «Force Control» от фирмы Fliegl Agrartechnik GmbH (Германия) измеряет радиус и угол поворота с помощью гироскопа. Значение угла поворота передается на датчики угла поворота, расположенные на оси, которые с помощью гидравлических цилиндров устанавливают поворотные оси под определенным углом. Благодаря такой конструкции с использованием электроники необходимость в весьма затратных тросовых и тяговых механизмах или в двухстороннем механико-гидравлическом управлении в точке приложения тягового усилия полностью отпадает. В отличие от других систем, подруливающие оси с электронным управлением корректируют угол поворота пропорционально скорости. Благодаря этому прицеп сохраняет устойчивость на дороге и поворачиваемость при совершении маневров.

Благодаря компактной навеске тяг механизма управления электронное принудительное управление предоставляет больше маневренности по сравнению с гидравлической системой. Пользуясь электронной системой, оператор может принимать активное участие в маневрировании, на склоне и в сложных ситуациях на краю траншейного силосохранилища, изменяя положение управляемых колес.

Эффективным способом повышения проходимости машинно-тракторных агрегатов с прицепами является применение активных приводных осей прицепов. Механический привод достаточно сложен, возникают проблемы кинематического соответствия.

Наиболее перспективной является система привода от электрогенератора (рис. 5) [5]. Ее КПД находится в пределах 65–75 %. Это значительно выше, чем у альтернативных систем. Например, гидравлическая система «Load Sensing Power Beyond» имеет КПД 25–55 %.

Совершенствование электропривода, электронных систем управления приводных осей прицепов, повышение бортового напряжения тракторов будут способствовать расширению применения приводных осей прицепов, снижению веса агрегируемых тракторов.

Предприятия Беларуси выпускают широкую гамму тракторных прицепов (табл. 2, 3, 4). Выпускаются также транспортно-технологические машины для внесения удобрений [6], транспортировки рулонов и др.



Рис. 5. Приводная ось «Power Drive Elect» фирмы Fliegl

**Таблица 2. Характеристики тракторных прицепов грузоподъемностью 3,5–6 т производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»**

Модель	ПСТ-3,5	2ПТС-4,5	2ПТС-6	ПСТ-6
Грузоподъемность, т	3,5	4,5	6,0	6,0
Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	4,0	4,7	4,7	7,0
Габаритные размеры, м	3,7×1,8×2,15	6,25×2,4×1,9	6,1×2,4×1,9	5,05×2,4×2,05
Масса, т	0,9	2,25	2,35	1,75
Агрегируется с трактором тягового класса	0,6	1,4	1,4	1,4
Количество осей	1	2	2	1
Подвеска	–	рессорная	рессорная	–
Размер шин	13,0/75-16HC8	13,0/75-16HC8	13,0/75-16HC10	16,5/70-18 HC10
Статический радиус шины, м	0,405	0,405	0,484	0,484
Давление в шине, МПа	0,240	0,240	0,37	0,37
Максимальная транспортная скорость, км/ч	25	25	25	25

**Таблица 3. Характеристики тракторных прицепов грузоподъемностью 9,5–14 т производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»**

Модель	ПСТ-9	ПСТЬ-12	ПСТЬ-17	ПС-60А
Грузоподъемность, т	9,5	12,0	17,0	14,0
Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	10,5	15,0	20,5	55
Габаритные размеры, м	6,0×2,5×2,35	7,5×2,5×2,75	10,0×2,5×2,75	10,6×3,2×3,9
Масса, т	3,4	4,5	6,3	6,6
Агрегируется с трактором тягового класса	1,4...2,0	2,0	5,0	5,0
Количество осей	2	2	3	2
Подвеска	балансирная тележка	балансирная тележка	балансирная тележка задних осей и рессорная подвеска передней оси	балансирная тележка
Размер шин	16,5/70-18HC10	16,5/70-18HC14	16,5/70-18HC14	24,0/50-22,5
Статический радиус шины, м	0,484	0,484	0,484	0,507
Давление в шине, МПа	0,37	0,37	0,37	0,20
Максимальная транспортная скорость, км/ч	25	25	25	25

Таблица 4. Характеристики тракторных прицепов

Производитель	ОАО «Орша-агропромаш»	ОАО «Лидаагро-промаш»	ОАО «Вороновская сельхозтехника»	ОАО «Березовский мотороремонтный завод»
Модель	2ПТС-5	2ПТС-14	ПСС-15	ПТС-36
Грузоподъемность, т	5,0	14,0	15,0	20,0
Вместимость кузова, м <sup>3</sup>	5,6	22,0	35,0	36 рулонов 1,2×1,2 м
Габаритные размеры, м	6,0×2,54×1,79	5,8×2,55×2,8	8,52×2,50×3,7	11,7×3,0×1,5
Масса, т	1,8	4,0	8,7	4,5
Агрегатируется с трактором тягового класса	1,4	3,0	5,0	3,0...5,0
Количество осей	2	2	2	2
Подвеска	рессорная	рессорная	рессорная балансирная	балансирная тележка
Размер шин	13,0/75-16HC8	385/65R22,5	550/60R22,5	24,0/50-22,5
Статический радиус шины, м	0,405	0,51	0,542	0,507
Давление в шине, МПа	0,24	0,90	0,32	0,24
Максимальная транспортная скорость, км/ч	25	25	25	25

Анализ показывает, что наиболее широко применяются двухосная рессорная подвеска и балансирная тележка. У отдельных моделей оси подрессорены. Прицепы комплектуются в основном шинами с давлением воздуха 0,37 МПа. На некоторых прицепах используются шины с давлением воздуха 0,24 МПа. Отметим, что давление воздуха в шинах агрегируемых тракторов составляет 0,08–1,8 МПа. Косвенно по этому показателю можно судить, что уровень воздействия ходовых систем прицепов на почву [7] значительно выше, чем у тракторов. Рассмотренные выше прогрессивные решения не нашли применения на отечественных прицепах.

### Заключение

Снижение уровня воздействия ходовых систем тракторных прицепов на почву обеспечивается увеличением количества осей, размеров шин, улучшением их деформационных свойств, применением активных приводных осей, совершенствованием подвесок. Последнее способствует улучшению плавности хода, устойчивости прицепов, снижению динамических нагрузок на агрегат и водителя.

Наиболее прогрессивными являются технические решения по применению рессорных балансирных подвесок, пневматических и гидравлических подвесок, подруливающих и активных приводных осей. Развитие электроники расширяет возможности этих технических решений. На отечественных тракторных прицепах широко применяется балансирная или рессорная подвеска, а также шины с давлением воздуха 0,24–0,37 МПа. Для улучшения эксплуатационных свойств транспортных машинно-тракторных агрегатов необходима доработка ходовых систем отечественных прицепов.

### Список использованных источников

1. Гедроить, Г. И. Объемы работ и условия эксплуатации транспортных средств / Г. И. Гедроить, С. В. Занемонский // Агропанорама. – 2021. – № 3. – С. 2–7.
2. Гедроить, Г. И. Совершенствование ходовых систем транспортно-технологических сельскохозяйственных машин / Г. И. Гедроить [и др.] // Агропанорама. – 2020. – № 2. – С. 2–6.
3. Joskin [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://joskin.com> – Дата доступа: 01.10.2022.
4. Krone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gruppe.krone.de> – Дата доступа: 02.10.2022.
5. Fliegl Agrartechnik [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fliegl-agrartechnik.de> – Дата доступа: 02.10.2022.
6. Гедроить, Г. И. Сопроотивление качению транспортно-технологических машин в дорожных условиях / Г. И. Гедроить, С. В. Занемонский, С. И. Оскирко // Агропанорама. – 2020. – № 6. – С. 6–9.
7. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86, введ. 01.01.1987. – Минск : Беларус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2018. – 7 с.