

Секция 4. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.113

С.Н. Коркин, Р.Х. Курмаев

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ АТПОПЕЗДОВ В ТЯЖЕЛЫХ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

НАМИ

Представлены результаты анализа движения аТПОПЕЗДОВ по деформируемому грунту. Изучены возможности использования шин со сверхнизким давлением и активный привод колес аТПОПЕЗДА для повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: аТПОПЕЗД с активным прицепным звеном, бесступенчатая трансмиссия, система управления, экологическая безопасность, колея, срез грунта, движитель.

В последнее время идёт активное освоение районов Крайнего Севера, Сибири, Дальнего Востока, полуострова Ямал. В таких районах с заснеженной или болотистой местностью остро стоит проблема доставки и перевозки крупногабаритных и сверхтяжелых грузов (дорожно-строительная техника, трубы большого диаметра, строительные конструкции и специальное оборудование) без нанесения экологического ущерба окружающей среде.

В большинстве случаев перевозки в таких районах возможны лишь специализированным автомобильным транспортом (мощные полноприводные тягачи, аТПОПЕЗДА) из-за отсутствия железных дорог, дорог с твердым покрытием, морских путей и т.д.

В нашей стране специализированный транспорт производят такие заводы и компании, как ОАО «Челябинский машиностроительный завод автомобильных прицепов «Уралавтоприцеп», ООО «Компания «СПЕЦПРИЦЕП» и т.д. За рубежом наиболее известные производители - это Goldhofer (Германия), Cometto (Италия), Nicolas (Франция) и др. В большинстве своем такой транспорт используется на дорогах с подготовленным покрытием. Для осуществления транспортной работы в условиях бездорожья по грунтам, характерной особенностью которых является низкая несущая способность, необходимы современные многоосные большегрузные автомобили и аТПОПЕЗДА, предназначенные для работы в тяжелых условиях бездорожья и обеспечивающие сохранность экологической среды.

Наиболее распространенные конструктивные решения по обеспечению проходимости многоосных большегрузных автомобилей и аТПОПЕЗДОВ сводятся к организации полного привода с распределением мощности по ведущим осям и применением специальных альтернативных типов движителей.

На современном этапе развития технологии машиностроения для привода ведущих колес прицепных звеньев аТПОПЕЗДОВ, а также реализации полного привода колес тягачей наиболее целесообразно использовать бесступенчатые регулируемые трансмиссии (гидрообъемные, электрические приводы), обладающие рядом преимуществ по сравнению с механическими [1].

Многие производители все чаще применяют комбинированные энергетические установки (КЭУ) для реализации полного привода, позволяющие активизировать полный привод только в тяжелых дорожных условиях и отключать его для экономии топлива. Например,

применением на серийных тягачах с колесной формулой 6x4 или 4x2 комбинированной энергетической установки для привода колес передней оси достигается существенная экономия топлива с возможностью рекуперации и накопления энергии, повышение проходимости и экологических характеристик. Многообразие компоновочных схем КЭУ привода передней оси позволяет адаптировать её практически к любым транспортным средствам.

На рис. 1 представлены возможные варианты привода колес передних осей тягачей с колесной формулой 6x6.

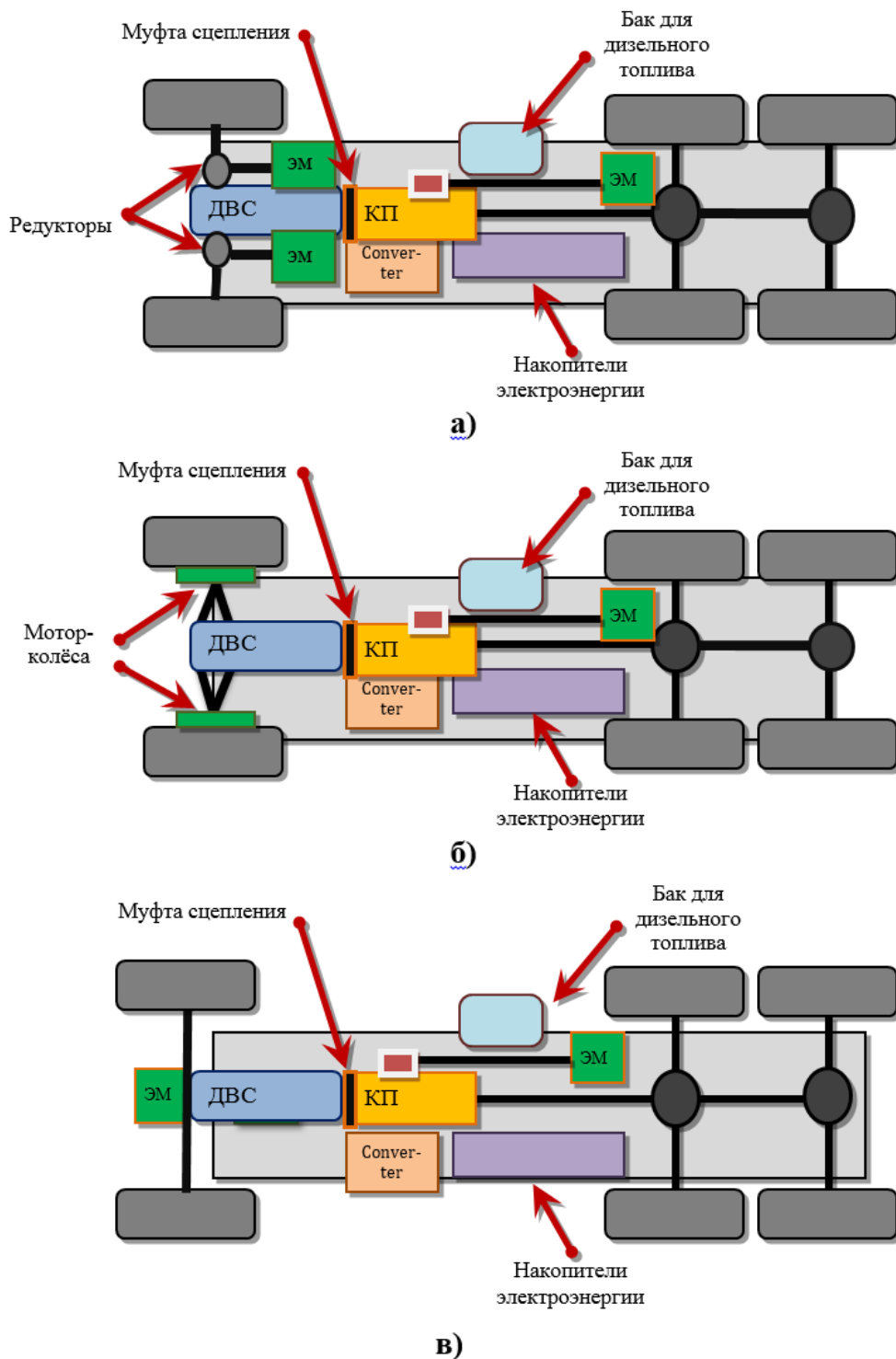


Рис. 1. Компоновочные схемы привода передней оси тягача с КЭУ:
 а – индивидуальный привод передних колес с размещением электромашин на раме автомобиля с приводом через угловые редукторы; б – индивидуальный привод передних колес с мотор-колесами; в – мостовая схема привода передних колес

На рис. 2 приведены возможные варианты привода колес прицепных звеньев. В данных примерах крутящий момент на колеса передается через регулируемый гидромотор.

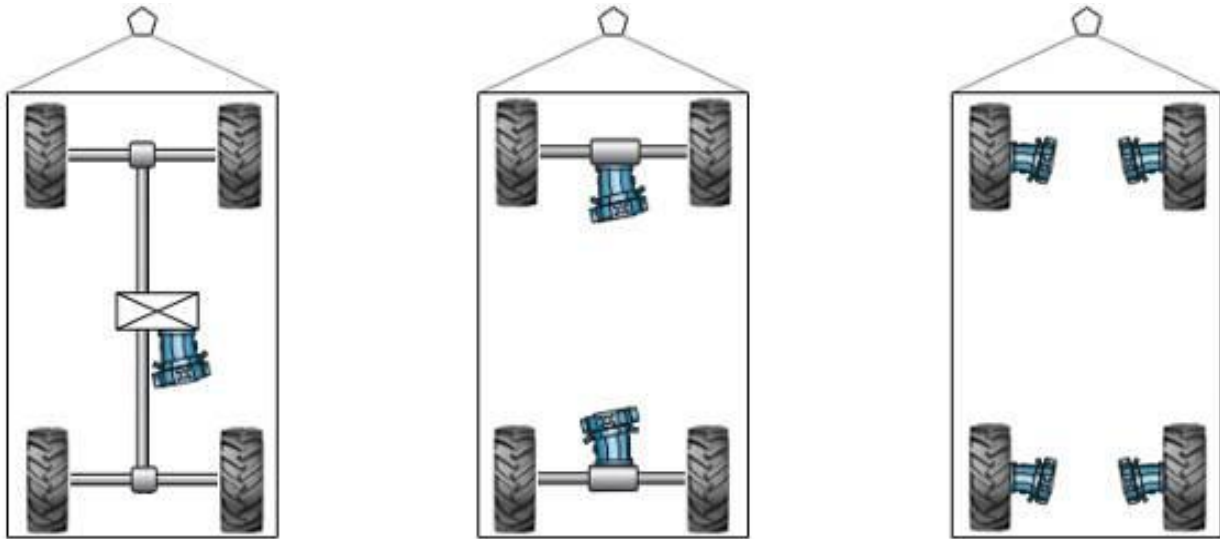


Рис. 2. Схемы расположения гидромоторов на активном прицепном звене:
а – дифференциальный привод ведущих мостов; *б* – блокированный привод ведущих мостов;
в – индивидуальный привод ведущих колес

Основные достоинства применения автопоездов с активным бесступенчатым приводом колёс следующие:

- повышение проходимости и средних скоростей движения более 30%;
- повышение грузоподъёмности тягача и автопоезда;
- гибкость применения исходя из транспортных задач;
- возможность объединения прицепных звеньев для транспортировки длинномерных и крупногабаритных тяжёлых грузов;
- бесступенчатое, без разрывов потока мощности, изменение подводимого к колесам крутящего момента, позволяющее снизить срыв грунта грунтозацепами движителя;
- возможность обеспечения индивидуального регулируемого привода каждого колеса (моста), независимо от его расстояния до питающей установки;
- возможность обеспечения работы двигателя в оптимальном (экономичном) режиме и, как следствие, экономия топлива до 20%;
- снижение разрушающего воздействия на почву до 40%.

Как отмечалось, одним из способов повышения проходимости является применение активных автопоездов со специализированными шинами. Наличие ведущих колес прицепного звена совместно с полноприводным тягачом способствует общему уменьшению разрушающего воздействия движителя на грунт, а также повышению проходимости и снижению сопротивления движению за счет: снижения давления на грунт, уменьшения глубины следа, уменьшения степени буксования движителя автопоезда, снижения срыва грунта грунтозацепами колес.

Применение специальных шин сверхнизкого давления со значительной шириной профиля (пневмокатков), сочетающих способность воспринимать высокие нагрузки с низким давлением на грунт, позволяет реализовать высокие показатели проходимости и низкое разрушающее воздействие на грунт.

За рубежом такие шины выпускаются серийно, в качестве примера можно привести продукцию компании Rolligon Corporation. Также можно отметить предприятие ОАО «Днепрошина», выпускающее широкопрофильные шины сверхнизкого давления SB-1 и Ф-82.

В качестве примера рассмотрим движение автопоезда в составе тягача КАМАЗ-44108

(6х6) полной массой 19,2 т и двухосного полуприцепа полной массой 20 т по деформируемому грунту. Глубина колеи после прохода автопоезда на шинах размерностью ИД - П284 по весенней пашне ($c=0,27$, $\mu=0,75$) составляет более 0,4 м. При этом выполнение транспортной работы может быть осложнено тем, что при неоднородности грунта может возникнуть ситуация с частичным сдвигом грунта картерами мостов. При движении такого автопоезда на более мягком грунте, например, на размокшей луговине ($c=0,14$, $\mu=0,61$) движение на шинах размерностью ИД - П284 автопоезда невозможно. Колеса полуприцепа полностью погружены в грунт. При этом об экологическом воздействии автопоезда речь идти не может.

Оценим влияние альтернативных типов шин и наличия активного привода колес автопоезда на величину образуемой колеи и проведем сравнение со стандартной компоновкой автопоезда. Для этого возьмем следующие шины: стандартные шины ИД-П284, шины сверхнизкого давления Ф-82 и шины сверхнизкого давления Rolligon. Основные характеристики шин приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики шин

Модель шины	Наружный диаметр, мм	Ширина профиля, мм	Давление, МПа	Максимальная нагрузка, кН
ИД-П284	1185	475	0,3	33,5
Ф-82	1765	1170	0,18	50
Rolligon 54x68-18 V2	1435	1790	0,17	72,64

В качестве основных допущений при расчете примем:

- движение равномерное прямолинейное по ровному горизонтальному участку грунта со скоростью около 1 м/с;
- грунт однороден, имеет одинаковые физико-механические свойства;
- боковые поверхности колеса ограничим плоскостями по максимальной ширине шины;
- давление воздуха в шинах тягача и полуприцепа одинаковое.

На рис. 3 представлены результаты расчетов глубины колеи после прохода колес автопоезда для различных типов шин и привода полуприцепа. Наименьшая глубина колеи образуется при движении на шинах со сверхнизким давлением воздуха. По сравнению с шинами ИД-П284 глубина колеи при движении автопоезда на шинах сверхнизкого давления меньше в 3,5-4 раза. За счет активного привода колес полуприцепа глубина колеи также снижается на 7-10%.

На сегодняшний день существуют достаточно много вариантов конструктивных решений, позволяющих повышать проходимость как автомобилей, так и автопоездов. Чтобы оценить величину экологического воздействия транспортных средств при изменении конструкции для повышения проходимости, воспользуемся методом количественной оценки конструкции автомобилей по величине разрушающего воздействия на почву, разработанного специалистами ОАО «Инновационная Фирма «НАМИ-Сервис» [2]. В основе метода лежит комплексный критерий оценки воздействия на почву $K_{пчв}$ (1), учитывающий два основных разрушающих фактора: уплотнение и сдвиг грунта вплоть до полного среза. Поэтому критерий $K_{пчв}$ является функцией глубины колеи автомобиля и буксования его движителей:

$$K_{пчв} = f(K_h; K_S), \quad (1)$$

где K_h – составляющая коэффициента разрушающего воздействия, зависящая от глубины прокладываемой колесным движителем колеи; K_S – составляющая коэффициента, характеризующая разрушающее воздействие от буксования движителей колесной машины.

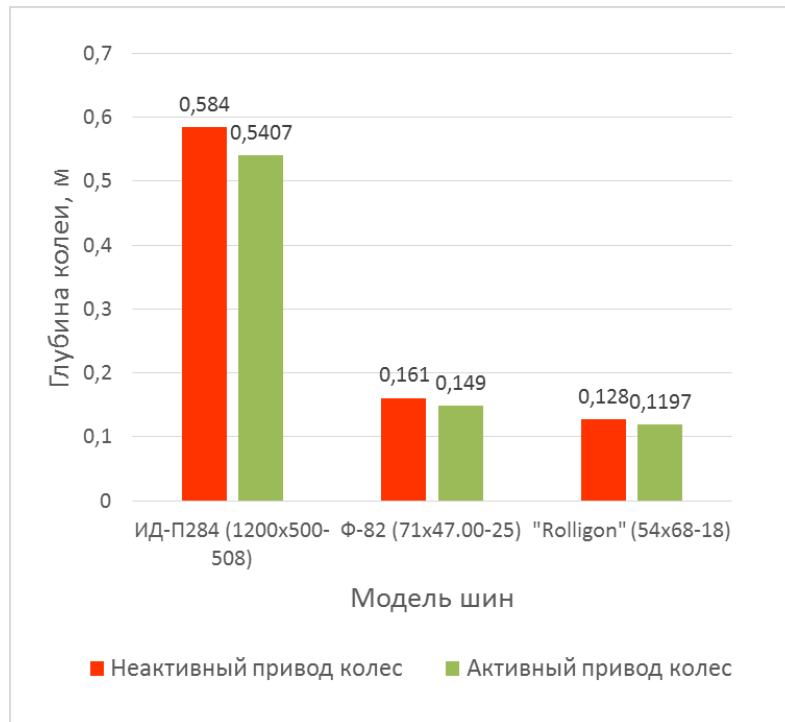


Рис. 3. Глубина колеи после прохода колес автопоезда для различных типов шин и привода полуприцепа

Полное выражение для показателя воздействия колесных движителей на почву имеет вид

$$K_{пчв} = \sum_{i=1}^N \left(1 - \left[\left(1 - A_{h1} (c \cdot h_i^\mu)^\beta \right) \cdot \left(1 - \frac{s_i^2 - s_i s_o}{s_m (s_m - s_o)} \right) \right] \right) \frac{b_i}{2B}, \quad (2)$$

где h_i - значение глубины доли суммарного следа от недеформированного уровня почвы; c и μ - коэффициенты, характеризующие деформационные свойства грунта; A_{h1} и β - корреляционный коэффициент и показатель степени соответственно; A_{h2} - величина, численно равная глубине прокладываемой колесной машиной колеи; s_i - максимальное буксование среди колес, участвовавших в формировании доли суммарного следа; b_i - доля ширины суммарного следа за автомобилем с постоянными значениями h_i и s_i ; B - ширина колеса.

Показатель $K_{пчв}$ учитывает не только влияние нормальной нагрузки, но и буксование движителя как при прямолинейном, так и криволинейном движении автомобиля, принимается во внимание боковое уширение следа и сдвига грунта. Если есть фактор буксования, даже незначительный, то есть возможность учитывать тип силового привода колес, а следовательно, и режим качения колеса. Поэтому, наряду с расчетной оценкой параметров проходимости, можно получить экологическую оценку конструкции автомобилей.

Оценим влияние применения разных типов шин и наличия активного привода колес полуприцепа при прямолинейном движении тягача КАМАЗ-44108 (6x6) полной массой 19,2 т и двухосного полуприцепа полной массой 20 т по деформируемому грунту на величину разрушающего воздействия на грунт по показателю $K_{пчв}$ (рис. 4). Не трудно заметить, что применение в конструкции автопоезда, предназначенного для передвижения по грунтам шин сверхнизкого давления позволяет существенно снизить разрушающее воздействие автопоезда на грунт. Благодаря активизации колес полуприцепа снижается не только глубина колеи, но и буксование движителя, т.е. основные разрушающие факторы.

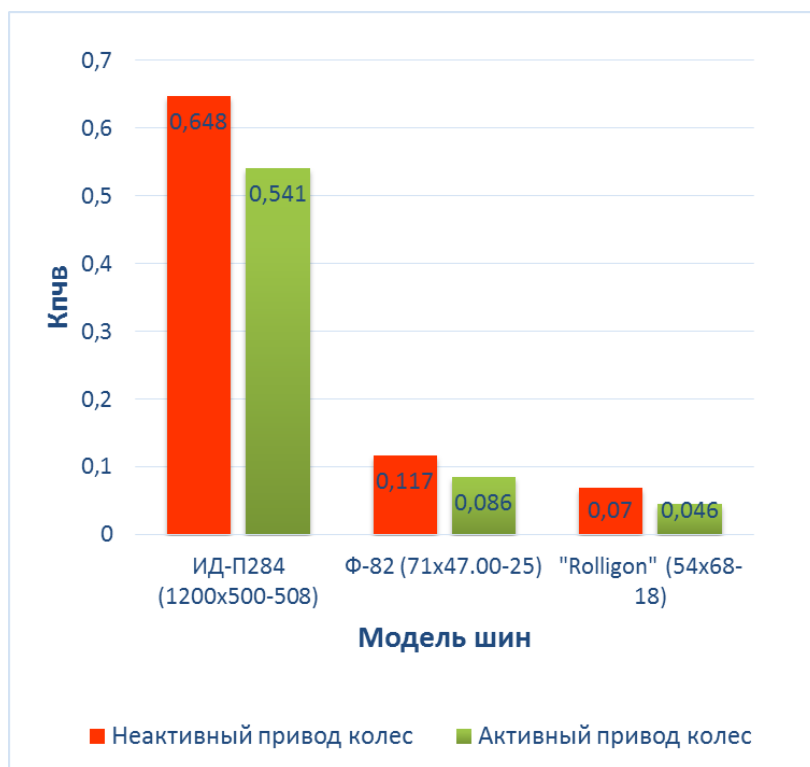


Рис. 4. Разрушающее воздействие на грунт при прямолинейном движении автопоезда в зависимости от типа применяемых шин и активного/неактивного типа привода осей полуприцепа

Применение регулируемого индивидуального силового привода ведущих с бесступенчатым изменением крутящего момента способно не только улучшить тяговые свойства автопоезда, но и существенно снизить степень вредного воздействия на почву. Автопоезд с активным полуприцепом или прицепным звеном позволяет реализовывать больший момент при сохранении экологической безопасности опорной поверхности.

Это касается и движения автопоезда в повороте, когда рациональное распределение мощности позволяет повысить устойчивость, управляемость и одновременно снизить разрушающий почву бульдозерный эффект, который также представляет собой срез грунта в поперечном направлении [3].

Таким образом, применяя комплексное решение активного привода колес автопоездов и специальные шины сверхнизкого давления при движении по грунтам с низкой несущей способностью, можно гарантированно осуществлять транспортную работу, сохраняя при этом экологию. При помощи критерия $K_{пчв}$ можно с экологической точки зрения выйти на оптимальную конструкцию трансмиссии и самого движителя, развесовки автопоезда и др., т.е. в результате можем получить комплексную оценку с отражением ущерба, нанесенного почве.

Библиографический список

1. **Бахмутов, С.В.** Силовой привод колес многоосных машин: перспективы научного поиска оптимальных решений / С.В. Бахмутов, А.В. Лепешкин, С.Б. Шухман // Автомобильная промышленность. 2005. № 3. С. 11–15.
2. **Шухман, С.Б.** Метод оценки и расчета разрушающего воздействия полноприводных автомобилей на почвогрунты: учеб. пособие / С.Б. Шухман, А.С. Переладов, С.Н. Коркин. – М.: Агробизнесцентр, 2010. – 60 с.

3. **Русанов В.А.** Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути её решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – 98 с.

*Дата поступления
в редакцию 20.09.2014*

S. Korkin, R. Kurmaev

**INCREASE OF ECOLOGICAL SAFETY OF MOVEMENT
OF TRAINS IN HEAVY TRAFFIC CONDITIONS**

NAMI

Results of the analysis of movement of road trains on a deformable soil are presented in article. Possibilities of use of tires with ultralow pressure and an active drive gear of wheels of the road train for increase of ecological safety are studied.

Key words: combination with active trailing link, continuously variable transmission, system control, environmental safety, track, slice of soil mover.