

## СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

*Канд. техн. наук, доц. САФОНОВ А. И., асп. ЕВДОКИМОВА В. С.*

*Белорусский национальный технический университет*

Погрузчики на сегодняшний день справедливо считаются тем оборудованием, без которого невозможно обойтись в многочисленных сферах жизнедеятельности человека. Нередко можно услышать формулировку о том, что погрузчики – это «слуги» строительных площадок, что в полной мере выражает суть их предназначения и незаменимости. Погрузчики чаще всего используются на строительных площадках, открытых заводских складах, в цехах и других помещениях, нередко – для транспортирования различного специализированного оборудования. Предметом погрузочно-разгрузочных работ могут выступать не только строительные материалы различного характера, но и природные ископаемые горнодобывающей отрасли. При этом чаще всего используются фронтальные погрузчики благодаря их большой грузоподъемности, относительно небольшим габаритам и хорошей мобильности, что, в свою очередь, ведет к предъявлению высоких требований к их тормозной системе. Очевидно, что современные требования, прежде всего по экономичности и долговечности дорожно-строительной техники, недостижимы без постоянного совершенствования конструкции и алгоритмов работы тормозных систем. Зарубежные и отечественные производители погрузчиков используют рабочие тормозные системы с различными типами приводов: гидравлическим, пневматическим, механическим, комбинированным.

Преимуществами гидравлического привода являются: время срабатывания (вследствие несжимаемости жидкости и большой жесткости трубопроводов), высокий КПД, простота кон-

струкции, небольшие масса и размеры вследствие большого приводного давления, удобство компоновки аппаратов привода и трубопроводов; возможность получения желаемого распределения тормозных усилий между осями автомобиля за счет различных диаметров поршней колесных цилиндров. Недостатками гидропривода являются: потребность в специальной тормозной жидкости с высокой температурой кипения и низкой температурой загустевания; возможность выхода из строя при разгерметизации; значительное снижение КПД при низких температурах (ниже минус 30 °С). Данный вид привода наиболее распространен и применяется на погрузчиках фирм: Caterpillar, Bobcat, New Holland, JCB, Volvo, «Амкодор», KAWASAKI, KOMATSU и Hyundai.

Область и масштабы применения пневматического привода обусловлены его достоинствами и недостатками, вытекающими из особенностей свойств воздуха. В отличие от жидкостей, применяемых в гидроприводах, воздух, как и все газы, обладает высокой сжимаемостью и малой плотностью в исходном атмосферном состоянии (около 1,25 кг/м<sup>3</sup>), значительно меньшей вязкостью и большей текучестью, причем его вязкость существенно возрастает при повышении температуры и давления. Отсутствие смазочных свойств воздуха и наличие некоторого количества водяного пара, который при интенсивных термодинамических процессах в изменяющихся объемах рабочих камер пневмомашин может конденсироваться на их рабочих поверхностях, обуславливают применение устройств кондиционирования воздуха, т. е. придание ему свойств, обеспе-

чивающих работоспособность и продляющих срок службы элементов привода. Этот вид тормозного привода можно встретить на отдельных погрузчиках «Амкодор».

В комбинированном гидропневматическом приводе пневматические элементы используются в качестве усилителя. Пневматический усилитель выполняется в виде пневматического силового цилиндра, шток которого воздействует на главный тормозной цилиндр гидропривода. При выходе из строя пневматической части привода усилие от тормозной педали передается на шток силового цилиндра и далее на главный тормозной цилиндр, не нарушая работоспособности гидравлической части привода. Гидропневматический усилитель по своему устройству аналогичен гидровакуумному. Применяется данный тип приводов на дорожно-строительной технике фирм JCB, TOTA и LG.

Механический привод, состоящий из тяг и рычагов, применяют в основном в тормозных системах с ручным управлением. В данном приводе для включения тормозного механизма используется мускульная энергия водителя. Простота конструкции и неизменная во времени жесткость механического привода делают его наиболее применяемым для стояночной тормозной системы.

Тормозные механизмы дорожно-строительных машин, являясь важным элементом шасси, должны обеспечивать стабильность заданных параметров эффективности торможения в процессе эксплуатации, иметь максимальную прочность и функционировать в любых условиях. Важно также, чтобы в конструкции была заложена простота их обслуживания и ремонта.

На сегодняшний день дисковый тормозной механизм считается наиболее эффективной и совершенной конструктивной схемой. Некоторые преимущества по сравнению с барабанными тормозами следует отметить особо. Среди них: стабильная эффективность торможения независимо от температуры тормоза, меньшие зазоры между дисками и колодками в незаторможенном состоянии, позволяющие повысить быстродействие и передаточное число тормозного привода, а также более равномерное изнашивание фрикционных материалов в результате одинакового распределения давления по поверхности трения. В этой связи дисковые

конструкции наиболее распространены и широко применяются на погрузчиках фирм: Caterpillar, New Holland, JCB, Volvo, «Амкодор», KAWASAKI, KOMATSU, Hyundai и DAEWOO. Однако тормозные механизмы барабанного типа также находят свое применение, в частности используются на погрузчиках фирм: Bobcat, «Амкодор» и Mitsubishi. Следует также отметить, что многие современные конструкции тормозных механизмов погрузчиков (Caterpillar [1], Volvo [2] и др.) имеют автоматическую регулировку зазоров между трущимися поверхностями.

Известна проблема повышения ресурса фрикционных узлов с учетом постоянного роста их энергонагрузки. Ее решение без смазочно-охлаждающего материала приводит к неоправданному росту размеров и металлоемкости, подорожанию фрикционных материалов и увеличению их теплонагруженности, негативно влияющей на стабильность работы механизмов. Поэтому в настоящее время на большинство погрузчиков различных классов и фирм-производителей (Caterpillar, New Holland, JCB, Volvo, «Амкодор», KAWASAKI, KOMATSU, Hyundai и DAEWOO) устанавливаются тормозные механизмы, работающие в масляной ванне, износостойкость фрикционных пар которых в 4–5 раз больше, чем при трении без смазки, а ресурс фрикционного узла достигает необходимых значений. Дисковые тормозные механизмы сухого трения используются значительно реже и применяются на отдельных погрузчиках фирм TOTA, LG и JCB.

Как известно, в автомобилях необходимость автоматического регулирования усилия, развиваемого тормозными механизмами, вызвана двумя основными причинами. Первая причина – существенное изменение нагрузки на передние и задние колеса в зависимости от загрузки автомобиля. В этой связи для уменьшения скольжения колес, а следовательно, вероятности заноса машины в приводе задних тормозных механизмов устанавливаются регуляторы давления жидкости (регуляторы тормозных сил). Вторая причина связана со значительными изменениями условий качения колес и их взаимодействия с поверхностью дороги. Например, при торможении возможно проскальзывание отдельных колес, которые попали на скользкий

участок дороги, что также приводит к потере устойчивости и управляемости. В этом случае регулирование тормозных усилий машины осуществляется антиблокировочными системами (АБС). В этой связи в настоящее время АБС используются на большинстве транспортных средств. В дорожно-строительных машинах эти системы пока не распространены, однако для погрузчиков АБС может быть применена как система активной безопасности не на скоростных режимах, а для предотвращения юза на строительных и складских площадках, которые могут быть засорены веществами, резко снижающими коэффициент сцепления (горючесмазочные материалы, мазут, смазочно-охлаждающие жидкости) и т. д. Кроме того, для условий работы погрузчика весьма характерным является наличие неодинакового покрытия площадки не только под левым и правым колесами, но и под колесами различных осей. В этом случае АБС будет способствовать повышению маневренности погрузчика, что положительно скажется на его производительности. Так, британские производители дорожно-строительной техники JCB, японский концерн KOMATSU, китайские производители LIUGONG на своих погрузчиках установили антиблокировочную систему, схожую со стандартной автомобильной, в которой процесс торможения обеспечивается четырьмя датчиками угловых скоростей колес, а также тремя модуляторами тормозного давления.

Рассматривая ноу-хау современного машиностроения, нельзя обойти рекуперативные системы, которые широко применяются на различной технике. В этих системах независимо от типа и назначения привода кинетическая энергия, которая раньше при торможении рассеивалась, накапливается в аккумуляторных устройствах, а затем эффективно используется, снижая при этом расход топлива на 3–30 %.

В последнее время данные системы начали применяться и на дорожно-строительных машинах, где осуществляется рекуперация энергии движущегося рабочего оборудования. В гидроприводах, которые широко распространены на данной технике, для этих целей используются пневмогидравлические аккумуляторы, накапливающие энергию попутных гравитационных сил и (или) инерционных

сил, действующих на рабочие органы машины [3, 4]. Кроме того, в [5] предлагается энерго-сберегающая система, с помощью которой можно накапливать энергию движущихся масс, разделенных элементами подвески. Так, при движении погрузчика и наезде колеса на препятствие происходит перемещение заднего моста относительно рамы, что вызывает вытягивание или выталкивание штоков гидроцилиндров, полости которых через обратные клапаны соединены с гидробаком, а через обратные клапаны – с блоком гидроаккумуляторов. Таким образом, при поперечных колебаниях моста эти гидроцилиндры и обратные клапаны представляют собой качающий узел. При действии рабочего оборудования в транспортном режиме запитывается насос рабочего оборудования, который работает в режиме гидромотора и осуществляет «подкрутку» двигателя, т. е. снижает его загрузку, что приводит к уменьшению расхода топлива и тем самым к снижению стоимости машино-часа работы погрузчика [5].

Следует отметить, что процесс рекуперации неразрывно связан с так называемыми гибридными технологиями, предусматривающими различные сочетания механического, гидравлического, электрического приводов с их параллельным или последовательным соединением. Одним из успешных примеров данного применения на погрузчиках демонстрируют компании Volvo и TCM. Благодаря гибридным приводам на погрузчике L220F фирмы Volvo достигается экономия топлива 10 % [6], а компания TCM на своих погрузчиках снижает его расход до 30 % [7].

Имеются отдельные предложения, рассмотренные в [8, 9], по применению энергосберегающих систем торможения на погрузчиках. Предлагаемые системы обеспечивают накопление энергии поступательно и вращательно движущихся масс при торможении мобильной машины посредством гидравлического мотор-насоса, качающего рабочую жидкость в гидроаккумулятор с последующим использованием накопленной энергии при разгоне.

По результатам анализа существующих тормозных систем современных погрузчиков мировых и отечественных производителей составлена табл. 1.

Тормозные системы погрузчиков

Фирма, марка	Страна-производитель	Рабочая тормозная система					Стояночная тормозная система		
		Тип привода	Тип тормозных механизмов	Количество контуров привода	Автоматическое регулирование зазора в тормозных механизмах	ABS (EBS)	Тип привод	Тормозные камеры (цилиндры) пружинного типа на передней оси	Тип тормозных механизмов
Caterpillar 972G	USA	Г	Д(м)	2	Да				
Caterpillar 428 C	USA	Г	Д(м)	2	Да				
Bobcat AL440	USA	Г	Б				М		
New Holland LB110	USA	Г	Д(м)	2					
JCB Fastrac 4x4x4 HМEE	GB	П-г	Д(с)	2		Да	Э-г		
JCB 456/456C	GB	Г	Д(м)	2			Э-г		Д(м)
Volvo 2200F	S	Г	Д(м)	2					Д(с)
Volvo BM L90	S	Г	Д(м)	2	Да				
Амкодор 325	BY	Г	Д(м)	2			М		Д(с)
Амкодор 325-01	BY	П	Б	2				Да	
DRESSTA 534E	PL	Г	Д(м)	2					
KAWASAKI 135ZV	J	Г	Д(м)	2	Да		Э-г		Д(м)
KOMATSU – WA320-5	J	Г	Д(м)	2		Да			Д(м)
Mitsubishi FD18NT, FD60K	J	Г	Б						Д(м)
TCM L130	J	Г	Д(м)				Э-г		Д(м)
TOTA XZ667	CN	П-г	Д(с)				М		Д(с)
LG936	ROK	П-г	Д(с)	1				Да	
DAEWOO D 25S-3	ROK	Г	Д(м)				М		
Hyundai HL780-7A	ROK	Г	Д(м)					Да	

**Примечание:** П – пневматический; Г – гидравлический; П-г – пневмогидравлический; М – механический; Э-г – электрогидравлический; Б – барабанные; Д(с) – дисковые сухого трения; Д(м) – дисковые в масляной ванне.

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ существующих конструкций тормозных систем дорожно-строительных машин, а также работ в данном направлении показал следующее:

- большинство мировых производителей погрузчиков применяют гидравлический привод тормозных систем, что объясняется рядом его преимуществ на данном виде техники перед другими видами приводов;

- широкое распространение получили многодисковые тормозные механизмы, работающие в масляной ванне, в силу небольших габаритных размеров, повышенного ресурса и обеспечения высокой эффективности торможения;

- отмечены отдельные положительные примеры применения антиблокировочных систем на погрузчиках, повышающих безопасность

данного вида техники, что требует дальнейших исследований в этом направлении;

- очевидна тенденция в применении гибридных и рекуперативных технологий на погрузчиках. Однако пока на них применяется рекуперация энергии движущегося рабочего оборудования, и вполне актуальной задачей дальнейшего развития может стать дополнительное накопление и использование энергии, высвобождаемой при торможении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Caterpillar 972G** тяжелый погрузчик // EuroNato [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.euronato.com/component/nato/?view=item&id=41>. – Дата доступа: 19.03.2012.
2. **Volvo L90** фронтальный погрузчик // EuroNato [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.euronato.com/component/nato/?view=item&id=42>. – Дата доступа: 19.03.2012.

3. **Смоляницкий, Э. А.** Рекуперативный насосно-аккумуляторный гидропривод для мобильных машин-орудий циклического действия / Э. А. Смоляницкий // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 5. – С. 3–10.

4. **Щемелев, А. М.** Энергосберегающая система фронтального погрузчика / А. М. Щемелев, А. Д. Бужинский // Строительные и дорожные машины. – 2009. – № 6. – С. 38–42.

5. **Щемелев, А. М.** Повышение технико-экономической эффективности одноковшовых фронтальных погрузчиков установкой энергосберегающей системы / А. М. Щемелев, С. Ю. Кудос // Строительные и дорожные машины. – 2007. – № 2. – С. 40–44.

6. **Фронтальные** колесные погрузчики мировых производителей // Строительные и дорожные машины. – 2010. – № 8. – С. 52–57.

7. **Новый** фронтальный погрузчик от ТСМ – «супертяж» L130 // Фронтальные погрузчики и другая погрузочная техника [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://lifters-loaders.ru/novyj-frontalnyj-pogruzchik-tcm-l130.html>. – Дата доступа: 19.03.2012.

8. **Шибeko, А. С.** Выбор основных параметров рекуператора энергии торможения мобильной машины / А. С. Шибeko // Вестник Могилевского государственного технического университета. – 2003. – № 2. – С. 171–174.

9. **Щемелев, А. М.** Энергосберегающая система торможения фронтального погрузчика / А. М. Щемелев, А. С. Шибeko // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 5. – С. 10–14.

Поступила 21.11.2012

УДК 629.331-049.7

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

*Асн. БЕССАРАБ А. В.*

*Белорусский национальный технический университет*

Во всем мире обеспечение безопасности эксплуатируемых транспортных средств имеет важнейшее значение. Для автомобильного транспорта Республики Беларусь эта проблема является также актуальной. Именно безопасность дорожного движения стала одним из объектов законодательной нормы Президента Республики Беларусь, регулирующей общественную безопасность [1] и деятельность автотранспорта [2, 3]. Отставание в техническом уровне и снижение качества изготовления транспортных средств белорусских конструкций сопровождаются последовательным старением автомобильного парка [4] и сокращением возможностей контроля безопасности эксплуатируемых транспортных средств. В Беларуси имеется ряд неблагоприятных факторов, снижающих эксплуатационную безопасность транспортных средств, к которым можно отнести: старение парка транспортных средств (ужесточение условий эксплуатации, низкие

объемы национального производства, ввоз поддержанных транспортных средств); замедление модернизации парка транспортных средств (низкая их защищенность от опасных неисправностей, низкая безотказность, нестабильность свойств транспортных средств при эксплуатации); ухудшение контроля и восстановления работоспособности транспортных средств (ограничение возможностей контроля эксплуатируемых транспортных средств, замедление модернизации производственно-технической базы автомобильного транспорта, сокращение объемов выполнения технического обслуживания, рост числа исполнителей работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту).

При недостаточном уровне безопасности и невысоком качестве изготовления транспортных средств белорусских и российских конструкций значительно выросло число владельцев автомобилей, а объемы проводимого тех-