

## Контроль эксплуатационных характеристик амортизаторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения

*Ю.А. Гуськов, д.т.н., А.Ф. Курносов, к.т.н., Д.А. Домнышев, магистрант, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ*

В сельском хозяйстве основная доля грузооборота приходится на автомобильный транспорт. В период высокой интенсивности полевых работ число отказов отдельных агрегатов и систем, в том числе упруго-демпфирующих элементов подвески, возрастает. Повышение параметра потока отказов также связано с эксплуатацией автомобилей на дорогах без твёрдого покрытия с высокой помехонасыщенностью, преобладающих в сельской местности. Своевременное обнаружение неисправностей элементов подвески повысит безопасность перевозки грузов, снизит простой автомобилей и затраты на последующее восстановление их работоспособности.

Оперативный контроль технического состояния автомобиля становится возможным за счёт развития электронных информационных систем, которые при простоте реализации должны обеспечивать большую информативность и оперативность диагностической информации. В современных системах диагностирования, встроенных в автомобиль, практически остаётся не решённым вопрос контроля эксплуатационных характеристик элементов ходовой части, напрямую влияющих на безопасность и безотказность всего транспортного средства.

Диагностирование ходовой части осуществляется периодически на специализированных стендах, обеспечивающих возможность поиска основных неисправностей: наличия зазоров, люфтов, свободных ходов в сопряжениях смежных деталей, а также взаимного расположения колёс относительно

центральной оси движения колеса и вертикальной плоскости. Меньшее значение отводится упруго-демпфирующим элементам подвески, диагностирование которых часто проводится органолептическим методом или, например, на стенде для диагностирования амортизаторов, разработанном сотрудниками Тольяттинского государственного университета, конструкция которого изображена на рисунке 1 [1].

Стенд позволяет оценить работоспособность амортизаторов на основе построения силовой характеристики и сравнения полученных данных с нормативными в соответствии с ГОСТом Р 53816-2010 [2]. Основным недостатком этого и других аналогичных ему стендов является то, что диагностирование осуществляется периодически, а момент отказа амортизатора может наступить задолго до диагностирования. Высока также трудоёмкость работ, так как амортизатор необходимо снимать с автомобиля.

**Материал и методы исследования.** Известно, что при отказе амортизаторов необходимый для обеспечения безопасности движения автомобиля дорожный контакт в значительной степени уменьшается, управляемость и устойчивость автомобиля ухудшаются, снижаются скорость движения и интенсивность выполнения транспортной работы [3, 4].

Высокая интенсивность эксплуатации автомобилей создаёт потребность в контроле технического состояния амортизаторов непосредственно при их работе. Своевременная постановка правильного диагноза технического состояния амортизатора, позволяющая избежать негативных последствий при пропуске отказа существующей системой технического обслуживания, возможна только в слу-

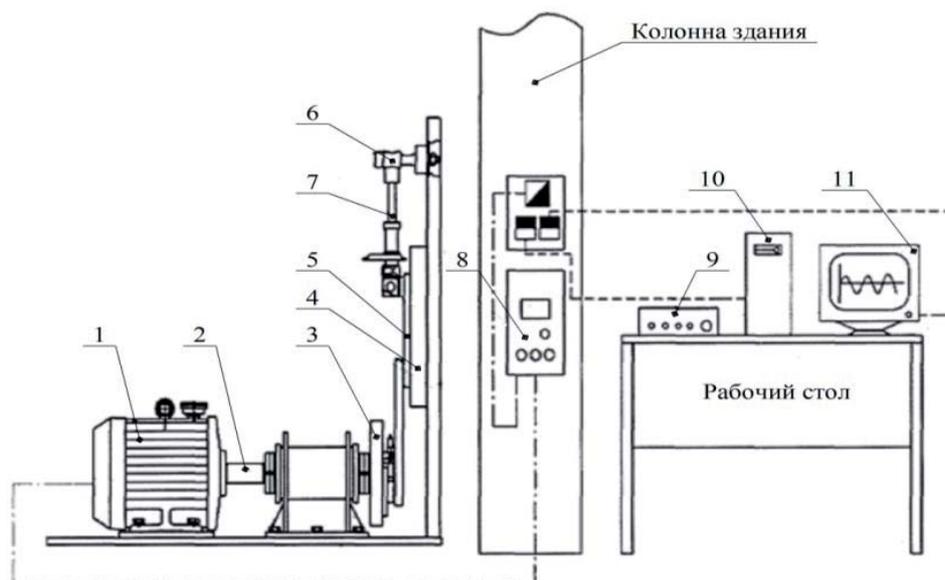


Рис. 1 – Стенд диагностирования амортизаторов (ТГУ, г. Тольяти):

1 – электродвигатель (ЭД); 2 – промежуточный вал; 3 – маховик; 4 – рама; 5 – кривошипно-шатунный механизм (КШМ); 6 – датчик силы; 7 – испытуемый амортизатор; 8 – пульт управления; 9 – усилитель сигнала датчика силы; 10 – системный блок ПК; 11 – монитор

чае непрерывной диагностики эксплуатационных характеристик амортизаторов автомобиля [5, 6].

Таким образом, тема статьи представляется весьма актуальной, а разработка системы оперативного контроля технического состояния амортизаторов создаёт возможность развития средств диагностирования автомобиля на основе оценки колебательных воздействий на раму транспортного средства.

**Целью** исследования является разработка системы оперативного контроля технического состояния амортизаторов за счёт регистрации, накопления и сопоставления данных о силовых воздействиях на амортизатор при движении автомобиля.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**.

1. Теоретически обосновать возможность реализации системы оперативного контроля технического состояния амортизаторов за счёт регистрации передающихся на них усилий при движении автомобиля.

2. Разработать принципиальную схему регистрации, контроля и обработки информации, позволяющую в автоматическом режиме определить работоспособность амортизаторов.

3. Предложить направления практического использования системы контроля технического состояния амортизаторов.

Теоретическое исследование возможности оперативного контроля эксплуатационных характеристик амортизаторов начиналось с анализа действующих реакций неровной поверхности на колесо при допущении, когда выступ дороги и колесо являются абсолютно упругими телами, т.е. не подвергаются деформации. Расчёт и построение графических изображений осуществлялось с помощью стандартного пакета прикладных программ

Microsoft Excel, а также системы автоматизированного проектирования «Компас».

Схема оперативного контроля технического состояния амортизаторов была разработана на основе современных требований, предъявляемых к встроенным системам диагностирования с учётом того, что регистрация и передача данных будет происходить без нарушения существующей логики информационного взаимодействия терминаторов системы.

**Результаты исследования.** На рисунке 2 приведена схема действия сил на колесо при наезде на препятствие.

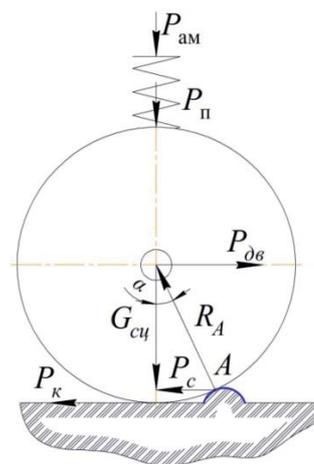


Рис. 2 – Схема сил, действующих на колесо при наезде на препятствие

На колесо действуют сцепной вес  $G_{сц}$  транспортного средства, величина которого определяется весом всего автомобиля и количеством колёс, движущая сила  $P_{дв}$  и касательная сила  $P_{к}$ , в случае, если колесо является ведущим, сила реакции  $R_A$

неровности дороги при наезде на неё колеса, сила сопротивления амортизатора  $P_{ам}$  перемещению колеса относительно остова автомобиля, сила упругости рессоры подвески  $P_n$ . Стоит отметить, что сила сопротивления рессоры подвески на рисунке не отмечена.

Согласно схеме сил (рис. 2), справедливы следующие равенства:

$$\begin{cases} P_{ам} = R_A - P_c - P_n; \\ R_A = \frac{G_{сц}}{\cos\alpha}; \\ P_c = G_{сц} \cdot \operatorname{tg}\alpha; \\ P_n = -kx, \end{cases} \quad (1)$$

где  $P_c$  – продольная сила сопротивления подвески,  $H$ .

Согласно системе равенств, сила сопротивления амортизатора зависит от силы реакции  $R_A$  неровности дороги при наезде на неё колесом, продольной силы сопротивления подвески  $P_c$  и силы упругости рессоры  $P_n$ .

Величины указанных усилий зависят от геометрической формы и размеров неровности, а также от диаметрального размера колеса. Чем выше неровность дороги, тем больше угол  $\alpha$  между сцепным весом и реакцией неровности. В то же время изменение угла действия реакции неровности дороги на колесо вызывает увеличение продольной силы сопротивления подвески, а сила, передающаяся на демпфирующие элементы подвески, снижается исходя из первой формулы системы равенств (1).

С другой стороны, сила сопротивления амортизатора зависит от множества процессов, связанных как с условиями эксплуатации, так и с конструктивными особенностями самого амортизатора. В общем случае силу сопротивления амортизатора принято выражать следующими зависимостями [7, 8]:

$$\begin{cases} P_{ам} = f(V_n); \\ V_n = f(V_a, k, n, m), \end{cases} \quad (2)$$

где  $V_n$  – скорость перемещения поршня амортизатора, м/с;

$V_a$  – скорость автомобиля, м/с;

$k$  – коэффициент, характеризующий степень неровности дорожного покрытия;

$n$  – коэффициент, характеризующий конструктивные особенности ходовой части;

$m$  – коэффициент, характеризующий техническое состояние амортизатора.

Анализ уравнений показывает, что как и в первом случае сила сопротивления амортизатора зависит от геометрических характеристик неровностей дорожного покрытия, а также от скорости движения автомобиля, конструктивных особенностей ходовой части и, собственно, от технического состояния амортизатора.

Графически зависимость усилия амортизатора от скорости перемещения поршня представлена на рисунке 3.

По рисунку видно, что усилие сжатия амортизатора значительно меньше усилия отбоя. Такая зависимость характерна для однотрубных амортизаторов с газовым подпором. Изменение угла наклона характеристики в зоне отбоя вызвано работой клапанов поршня амортизатора. Следовательно, накопление информации о силовых характеристиках и сравнение их значений с нормативными предлагаемой системой необходимо для области сжатия и отбоя отдельно.

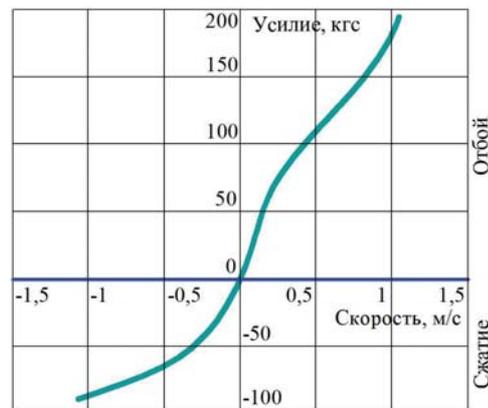


Рис. 3 – Характеристика амортизатора

Теоретический анализ процесса передачи усилий элементам подвески показал его сложность, однако при любых условиях движения осуществляется гашение колебаний за счёт силы сопротивления амортизатора. Регистрация  $P_{ам}$  позволит определить не только техническое состояние амортизатора, но и косвенно оценить силы воздействия на остальные элементы подвески и остова автомобиля.

На втором этапе необходимо разработать принципиальную схему оперативного контроля технического состояния амортизаторов. Логически разрабатываемая система будет содержать средства получения исходной информации (усилия, передающиеся амортизаторами раме транспортного средства), блок регистрации, сбора и обработки информации, адаптер интерфейса для связи со штатной встроенной системой диагностирования. Подробная структура предлагаемой системы представлена на рисунке 4.

Система состоит из датчиков силы Д1 – Д4, устанавливаемых непосредственно в месте крепления штока амортизатора к остову автомобиля, электронного контроллера (ЭБУ) с смонтированным адаптером интерфейса CAN, предназначенными для регистрации, оперативного сбора и обработки информации, полученных с датчиков силы, а также для передачи аналитической информации по штатной CAN-шине в центральный блок управления автомобиля (на рисунке не показан). Так как разрабатываемая система внедряется в штатную

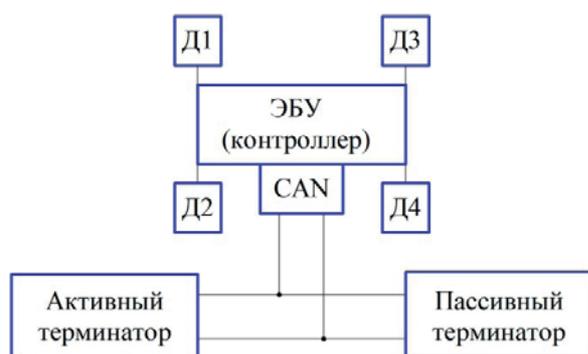


Рис. 4 – Структура системы регистрации усилий на амортизаторах

логическую структуру высокоскоростной передачи информации, она должна соответствовать требованиям потока сигналов, создаваемых активным и пассивным терминаторами.

Установка датчиков силы не приведёт к изменению конструкции штатных амортизаторов вследствие замены шайб в месте крепления верхнего штока амортизатора на датчики со встроенными тензорезисторами. Конструкция амортизатора с установленными датчиками силы представлена на рисунке 5 [9].

Амортизатор 1 имеет верхнюю 2 и нижнюю 3 опоры крепления. Верхняя опора 2 с помощью штока 4 крепится к кронштейну 5 кузова транспортного средства. На шпильке 4 верхней опоры 2, имеющей упор 6, сверху и снизу кронштейна 5 установлены тензометрические шайбы 7, подключенные к регистратору 8, причём тензометрические шайбы 7 закреплены соответственно на упоре 6 верхней опоры 2 и гайке крепления 9.

Нижняя опора 3 амортизатора крепится к элементу подвески транспортного средства либо шарнирно, либо при помощи резьбового соединения, в зависимости от типа подвески.

Устройство работает следующим образом: при движении транспортного средства амортизатор 1 испытывает колебательные воздействия в соответствии с (1) и (2), при этом усилия, возникающие на штоке 4 крепления амортизатора регистрируются тензорезисторами, встроенными в шайбы 7, установленные как снизу, так и сверху кронштейна 5 для крепления амортизатора и передаются в регистратор 8. Регистратор фиксирует и записывает усилия, которые испытывает амортизатор 1 только той амплитуды, которая была задана при настройке устройства, а также в режиме реального времени осуществляет сравнение скоростных характеристик сжатия и отбоя амортизатора 1, полученных при установке на транспортное средство, с эксплуатационными. Полученные данные позволяют оперативно оценить техническое состояние амортизатора 1, а накопленные в регистраторе сведения о частоте и величине силового нагружения оценить остаточный ресурс, используя известные зависимости [10].

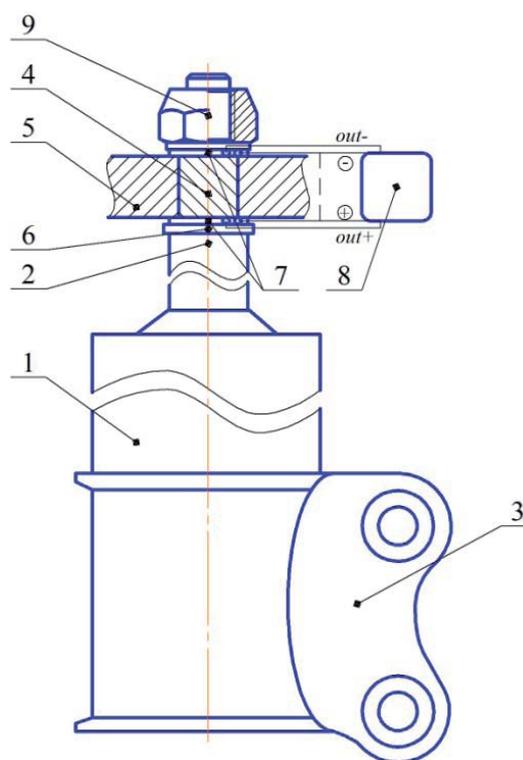


Рис. 5 – Общий вид амортизатора с системой регистрации усилий

Полученная информация об усилиях, передаваемых через амортизатор раме (кузову) автомобиля, может быть использована на практике в следующих направлениях.

1. Оценка работоспособности амортизаторов. Как было отмечено, работоспособность амортизаторов напрямую влияет на безопасность движения автомобиля. Своевременное получение диагностической информации водителем создаст возможность заблаговременного снижения скорости перед неровными участками дороги, в особенности перед такими участками, где ранее в снижении скорости не было необходимости.

2. Оценка интенсивности эксплуатации автомобилей. Дилерские службы на основании выходных данных предлагаемой системы смогут оценить интенсивность эксплуатации автомобилей по неровным участкам дороги, что поможет определить причины отказов трансмиссии, ходовой части или автомобиля в целом.

3. Оценка причин дорожно-транспортных происшествий. Сохранённая информация, полученная с помощью предлагаемой системы в энергонезависимой памяти, может способствовать установлению причин дорожно-транспортного происшествия. На основании данной информации можно выяснить, имела ли место потеря сцепления колеса с дорогой из-за интенсивных возмущающих воздействий неровностей дороги.

#### Выводы

1. Теоретически обоснована возможность реализации системы оперативного контроля техничес-

кого состояния амортизатора за счёт регистрации силовых воздействий на амортизатор при движении автомобиля. Регистрация усилий, передаваемых через амортизатор, позволит косвенно оценить силовое воздействие на остальные элементы подвески и остова автомобиля. Сила сопротивления амортизатора зависит как от геометрических параметров неровностей дорожного покрытия, конструктивных особенностей ходовой части и скорости движения автомобиля, так и от технического состояния амортизатора.

2. Разработана логическая структурная схема регистрации, контроля и обработки информации, позволяющая в автоматическом режиме определять работоспособность амортизаторов. Предложенная система оперативного контроля технического состояния амортизатора внедряется во встроенную систему диагностики автомобиля за счет преобразователя интерфейса CAN. Регистрацию величины усилия целесообразно проводить с помощью тензометрических датчиков, представляющих собой плоские шайбы, устанавливаемые в месте крепления амортизаторов к остова автомобиля.

3. Предложены пути практического использования системы оперативного контроля технического состояния амортизаторов. Накопленную информацию можно будет использовать как при оценке работоспособности амортизаторов и интенсивности эксплуатации автомобилей, так и при выявлении причин дорожно-транспортных происшествий.

## Литература

1. Кувшинов В.В., Павлов В.В. Экспериментальное определение характеристик гидравлических амортизаторов транспортных средств на специальных стендах // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2016. № 3(46). С. 55–62.
2. Амортизаторы гидравлические телескопические. ГОСТ 53816-2010. М.: Стандартиформ, 2010. 36 с.
3. Гуськов Ю.А., Курносов А.Ф. Оперативный контроль силового воздействия на амортизаторы при эксплуатации транспортного средства // Молодежь. Наука. Технологии: сб. научных трудов междунар. науч.-технич. конф. студентов и молодых учёных. В 4 ч. / под ред. Е.Г. Гуровой, С.В. Макарова. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 40–43.
4. Карасев А.В. Особенности диагностики плавности хода автомобиля на примере технического состояния амортизаторов в условиях сервиса агропромышленного комплекса // Международный технико-экономический журнал. 2011. № 2. С. 140–143.
5. Доронин Д.С. Диагностика и причины выхода из строя гидравлических амортизаторов // Грузовик. 2014. № 7. С. 39–42.
6. Пат. № 2416789 РФ, МПК G01MF17/04. Способ диагностики амортизаторов в подвеске транспортного средства / М.С. Гаспаров, В.А. Самойлов, В.С. Аксенов [и др.]. № 2009146263/11; заявл. 14.12.2009; опубл. 20.04.2011; Бюл. № 11.
7. Стемплевский П.Н., Рыков С.П., Шербаков А.Б. Конструирование гидравлических амортизаторов с заданными характеристиками и моделировании их неупругого сопротивления // Механики XXI века. 2009. № 8. С. 215–218.
8. Сливинский Е.В., Кравцов Д.С., Фетисов К.С. Перспективный гидромеханический гаситель колебаний для безрельсовых транспортных средств // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. № 12. С. 56–63.
9. Пат. № 157037 РФ, МПК F16F 9/512. Амортизатор / Ю.А. Гуськов, М.Л. Вертей. № 2015107608/11; заявл. 04.03.2015; опубл. 20.11.2015; Бюл. № 32.
10. Домнышев Д.А. Результаты эксплуатационных испытаний модифицированной амортизаторной жидкости / Д.А. Домнышев, А.А. Долгушин, А.Ф. Курносов [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6(74). С. 89–91.