

ВЕСТНИК

Белорусско-Российского университета

*Научно-методический журнал
Издается с октября 2001 г.*

Периодичность – 4 раза в год

4 (41) 2013

СОДЕРЖАНИЕ

МАШИНОСТРОЕНИЕ

АНТИПЕНКО Г. Л. Импульсные системы управления и диагностики гидромеханических трансмиссий мобильных машин	5
ВОЛНЯНКО Е. Н., ЦАРЕНКО И. В. Особенности применения пластичных смазочных материалов в паре трения сталь–полиформальдегид	17
ДОВГАЛЕВ А. М., ЛЕВАНОВИЧ Н. А., СУХОЦКИЙ С. А., ТАРАДЕЙКО И. А. Математическое моделирование процесса магнитно-динамического упрочнения наружной поверхности вращения	25
КУРЛОВИЧ И. В., БОЛОТОВ С. В., БЕНДИК Т. И. Программная реализация управления циклом контактной точечной сварки на конденсаторной машине	35
ЛОКТИОНОВ А. В., ПРОХОРОВ А. П. Расчёт кинематических параметров исполнительного механизма промышленного робота ТУР-10.....	47
МИНАКОВ А. П., ИЛЮШИНА Е. В., КАМЧИЦКАЯ И. Д. Методика проектирования инструмента и пневмосистемы для пневмовибродинамической обработки внутренних поверхностей вращения	58

МИШУТА Д. В., МИХАЙЛОВ В. Г. Оценка напряженно-деформированного состояния кузова-контейнера при разгрузке/погрузке мультилифтом на автомобиль	69
ПОЛЯКОВ А. Ю., ФУРМАНОВ С. М., БЕНДИК Т. И. Система автоматического управления процессом контактной рельефной сварки.....	75
САЗОНОВ И. С., ЛУСТЕНКОВ М. Е. Передачи для работы в условиях ограниченных радиальных габаритов.....	85
СТАСИЛЕВИЧ А. Г. Управляемость колесного трактора с навесками сельскохозяйственных машин.....	95
ТАРАСИК В. П., КУРСТАК В. И., ПЛЯКИН Р. В., КЛЮЕВ А. И., ЯКОВЛЕВ А. В. Селектор режимов управления автоматической трансмиссией автомобиля.....	102

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

ВИШНЕРЕВСКИЙ В. Т., СТАСЕНКО И. С., ЛЕНЕВСКИЙ Г. С., КОРНЕЕВ А. А. Экспериментальное исследование частотных свойств механических элементов с распределенными параметрами	112
РУДЧЕНКО Ю. А., КОЗЛОВ А. В. Составление математической модели стенда испытания упругих элементов на основе автоколебательной электромеханической системы.....	120

ФИЗИКА

ХОМЧЕНКО А. В., ПРИМАК И. У., КУЛЬБЕНКОВ В. М., ВОЙТЕНКОВ А. И., ГУЗОВСКИЙ В. Г., КОВАЛЕНКО О. Е., ЗАЙЦЕВ А. В. Оптические методы контроля распределения механических напряжений в автомобильных закаленных стеклах.....	125
---	-----

- Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам
- Публикуемые материалы рецензируются
- Подписные индексы: для индивидуальных подписчиков – 00014
для предприятий и организаций – 000142

УДК 629.3

В. П. Тарасик, В. И. Курстак, Р. В. Плякин, А. И. Ключев, А. В. Яковлев

СЕЛЕКТОР РЕЖИМОВ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИЕЙ АВТОМОБИЛЯ

UDC 629.3

V. P. Tarasik, V. I. Kurstak, R. V. Pliakin, A. I. Kluev, A. V. Yakovlev

THE SELECTOR OF CONTROL MODES FOR THE AUTOMATIC TRANSMISSION OF A VEHICLE

Аннотация

Приведена структурная схема разработанной мехатронной системы автоматического управления гидромеханической передачей карьерных самосвалов БелАЗ. Дано описание функциональных свойств и конструктивных особенностей селектора режимов управления. Рассмотрена схема формирования селектором сигналов о задаваемых режимах управления и передачи их в контроллер для реализации алгоритмов управления и осуществления автоматического переключения передач. Изложено описание процедур задания режимов работы гидромеханической передачи посредством селектора.

Ключевые слова:

гидромеханическая передача, фрикцион, мехатронная система автоматического управления, микропроцессорный контроллер, селектор режимов управления, карьерный самосвал.

Abstract

The structural diagram of the developed mechatronic system of automatic control for the hydromechanical transmission of BelAZ quarry dump trucks is presented. The functional properties and design features of the selector of control modes are described. The paper gives the scheme of formation by the selector about specified control modes and their transmission to the controller for the implementation of control algorithms and automatic gear shifting. The procedures of specifying modes of the hydromechanical transmission operation by means of the selector are given.

Key words:

hydromechanical transmission, friction clutch, mechatronic system of automatic control, microprocessor controller, selector of control modes, quarry dump truck.

Коллективом кафедры «Автомобили» Белорусско-Российского университета создана мехатронная система автоматического управления (МСАУ) гидромеханической передачей (ГМП) карьерных самосвалов БелАЗ. Система осуществляет автоматическое переключение передач, блокирование гидротрансформатора, управляет процессами включения и выключения фрикционов, обеспечивая высокое качество переходных процессов, выполняет мониторинг технического состояния наиболее от-

ветственных механизмов ГМП, а также всех электронных компонентов системы управления [1, 2, 3].

На рис. 1 представлена структурная схема МСАУ. На ней отображены основные компоненты системы и их связи. В состав МСАУ входят следующие компоненты: 1 – микропроцессорный контроллер управления ГМП; 2 – панель индикации контролируемых процессов функционирования системы; 3 – селектор режимов управления ГМП; 4 – пропорциональные электромагниты;

5 – электромагнитные пропорциональные клапаны (ЭГПК); 6 – датчики частоты вращения валов коробки передач ГМП; 7 – датчики давления в контролируемых гидромагистралях системы управления ГМП; 8 – датчики температуры масла гидросистемы; 9 – электрон-

ная педаль акселератора; 10 – датчик стояночного тормоза; 11 – датчик рабочего тормоза; 12 – датчик тормоза-замедлителя; 13 – датчик положения грузовой платформы; 14 – датчик загрузки самосвала; 15 – контроллер управления двигателем; 16 – CAN-шина.

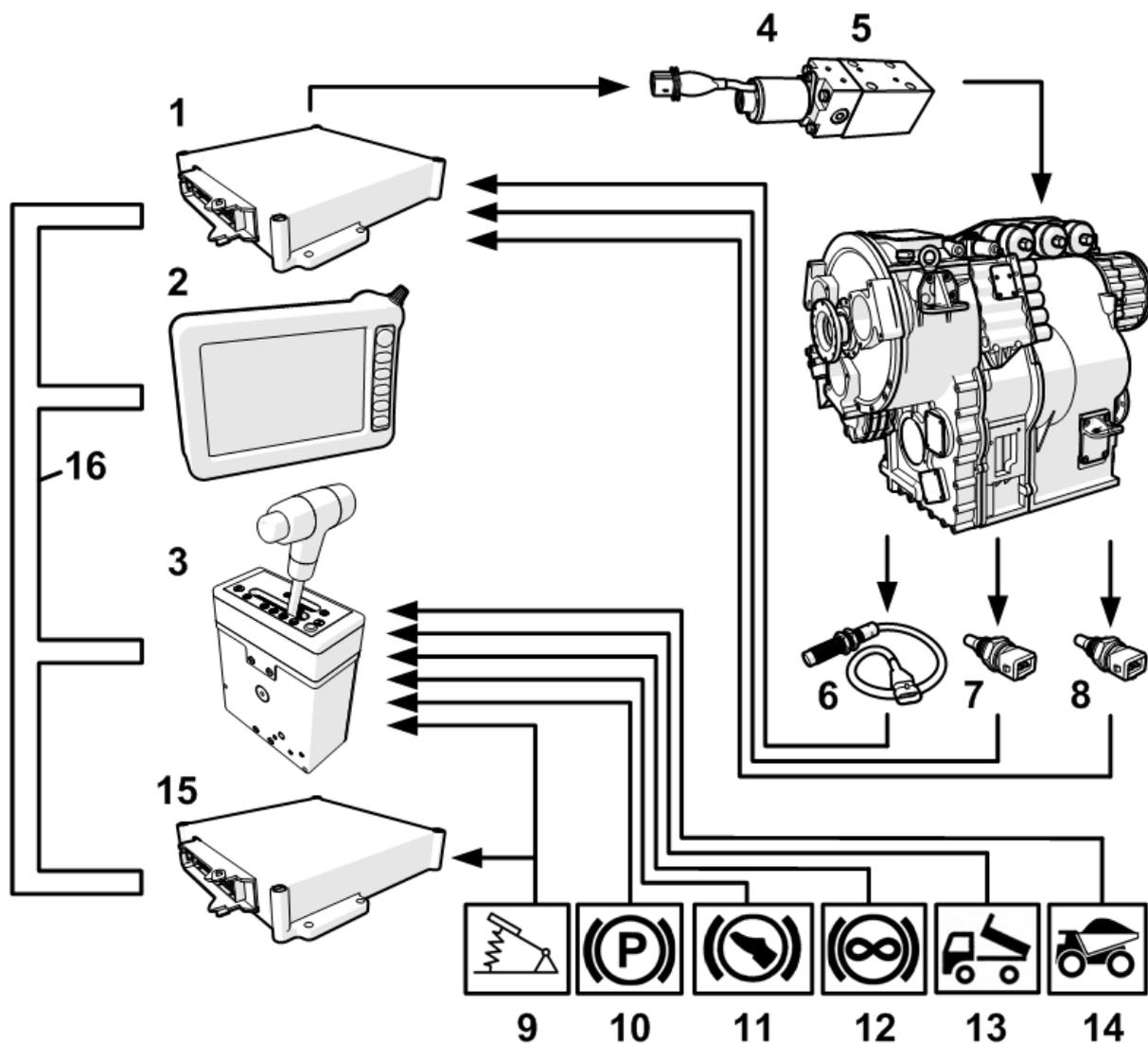


Рис. 1. Структурная схема мехатронной системы автоматического управления гидромеханической передачей

Функционирование МСАУ осуществляется в тесном взаимодействии с электронной системой управления двигателем. Микропроцессорный контроллер управления двигателем 15 связан CAN-шиной 16 с контроллером управ-

ления ГМП 1. Это дает возможность учитывать режимы работы двигателя в алгоритме управления процессами ГМП и одновременно корректировать управление двигателем, изменяя его характеристики на интервале времени

переключения передач с целью обеспечения высокого качества переходных процессов. Все основные компоненты МСАУ связаны между собой CAN-шиной.

Опытные образцы созданной МСАУ успешно прошли испытания. Но они были созданы на основе электронных компонентов зарубежных фирм. Поэтому встал вопрос о создании всего необходимого комплекса отечественных компонентов. Работа по созданию мехатронных компонентов выполнялась в течение 2010...2013 гг. по заданию ГНТП «Машиностроение». В ней, помимо кафедры «Автомобили» Белорусско-Российского университета, принимали участие сотрудники Объединенного института машиностроения НАНБ и конструкторы ОАО «Измеритель» (г. Новополоцк).

Техническое задание на все компоненты МСАУ с обоснованием их параметров и характеристик разработано кафедрой «Автомобили» Белорусско-Российского университета (далее кафедра). На основании утвержденного технического задания были созданы все необходимые компоненты МСАУ: микропроцессорный контроллер управления ГМП (далее контроллер); селектор режимов управления ГМП (далее селектор); пропорциональный электромагнит; электрогидравлический пропорциональный клапан (ЭГПК); электронная педаль акселератора; датчик частоты вращения; датчик температуры.

Объектами разработки коллектива кафедры были контроллер, селектор и ЭГПК. Разработка контроллера осуществлялась совместно со специалистами ОАО «Измеритель». Кафедрой была обоснована структура контроллера, параметры и характеристики его основных элементов, осуществлен выбор типа микроконтроллера, оснащенного операционной системой программирования CoDeSys международного стандарта IEC-61131-3, а конструкция создана специалистами ОАО «Измери-

тель». Конструкции селектора и ЭГПК разработаны на кафедре.

В статье приведено описание устройства и принципа работы селектора. При разработке его конструкции в качестве прототипа был принят селектор автомобиля «Ауди».

Селектор предназначен для выполнения следующих функций: выбора и задания водителем режимов управления переключением передач ГМП; сбора и обработки информации о воздействиях водителя на рычаг селектора; формирования информационных сигналов о выбранных режимах управления и передачи их по CAN-каналу в контроллер ГМП и в панель индикации; осуществления аварийного управления в случае выхода из строя контроллера, электронного блока селектора или CAN-шины.

Согласно техническому заданию, селектор обеспечивает выбор и формирование сигналов управления для осуществления следующих режимов управления ГМП:

«P» – состояние парковки автомобиля (Parking);

«N» – нейтральное состояние ГМП (Neutral);

«D» – режим автоматического управления переключением передач (Drive);

«R» – режим движения назад (Reverse – реверсирование);

«L» – режим запрета включения высших передач при автоматическом управлении ГМП (Low);

«M» – режим командного управления переключением передач (Manual);

«+» – повышение номера передачи в командном режиме;

«-» – понижение номера передачи в командном режиме.

На рис. 2 изображен созданный селектор. На его конструкцию получен патент Российской Федерации на изобретение [4].



Рис. 2. Селектор режимов управления гидромеханической передачей

Механизмы селектора смонтированы в пластмассовом корпусе. Выбор режимов управления ГМП осуществляется посредством рычага селектора. Он может перемещаться в двух продольных и одной поперечной плоскостях. Перемещение рычага происходит относительно соответствующих пазов (дорожек), выполненных на лицевой панели селектора. При движении рычага в левой длинной продольной дорожке спереди назад он последовательно перемещается в фиксированные положения $P \rightarrow R \rightarrow N \rightarrow D \rightarrow L$. Слева от длинной продольной дорожки расположены соответствующие окошки с обозначениями этих положений рычага селектора,

которые подсвечиваются светодиодами, индицирующими выбранный водителем режим управления. Индикация обозначений режимов осуществляется зеленым цветом.

При необходимости использования командного режима управления переключением передач рычаг селектора переводится в положение М, находящееся в правой короткой дорожке. Этот переход возможен только из положения D автоматического режима управления путем поворота рычага селектора в поперечной плоскости и перемещения его вдоль поперечной дорожки вправо.

Во всех позициях рычага селектора, кроме позиций «+» и «-», происхо-

дит фиксация его состояния. Для этого использованы два пружинных фиксатора и два механизма жесткого стопорения рычага селектора. Один из механизмов жесткого стопорения рычага селектора. Один из механизмов жесткого стопорения управляется электромагнитом, а второй – кнопкой, расположенной в головке рычага селектора.

Жесткое стопорение рычага селектора электромагнитным механизмом стопорения осуществляется в положениях Р и N. Блокирование рычага в этих положениях предотвращает случайные непредвиденные его перемещения в другие положения, что исключает веро-

ятность самопроизвольного трогания автомобиля с места и обеспечивает безопасность управления. Во всех остальных положениях рычага селектора электромагнитный механизм стопорения находится в выключенном состоянии. Возможность перемещения рычага в дорожках лицевой панели селектора контролируется пружинными фиксаторами, а в положениях Р, R и L – дополнительно пружинным механизмом стопорения, управляемым кнопкой.

На рис. 3 и 4 показана конструкция селектора.

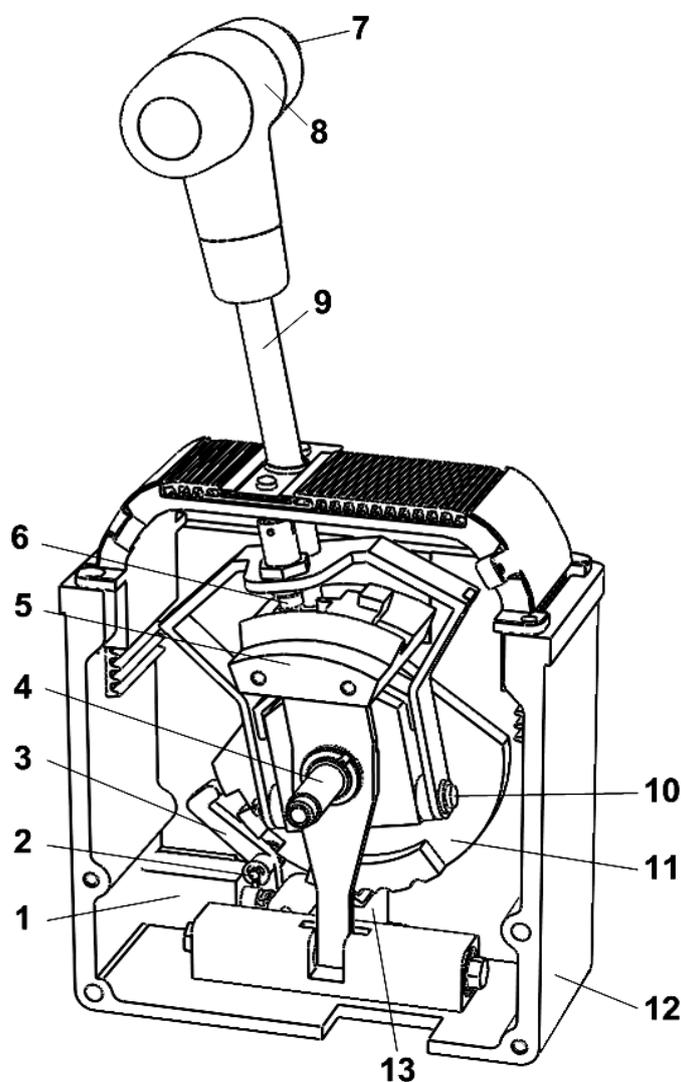


Рис. 3. Конструкция селектора режимов управления гидромеханической передачей

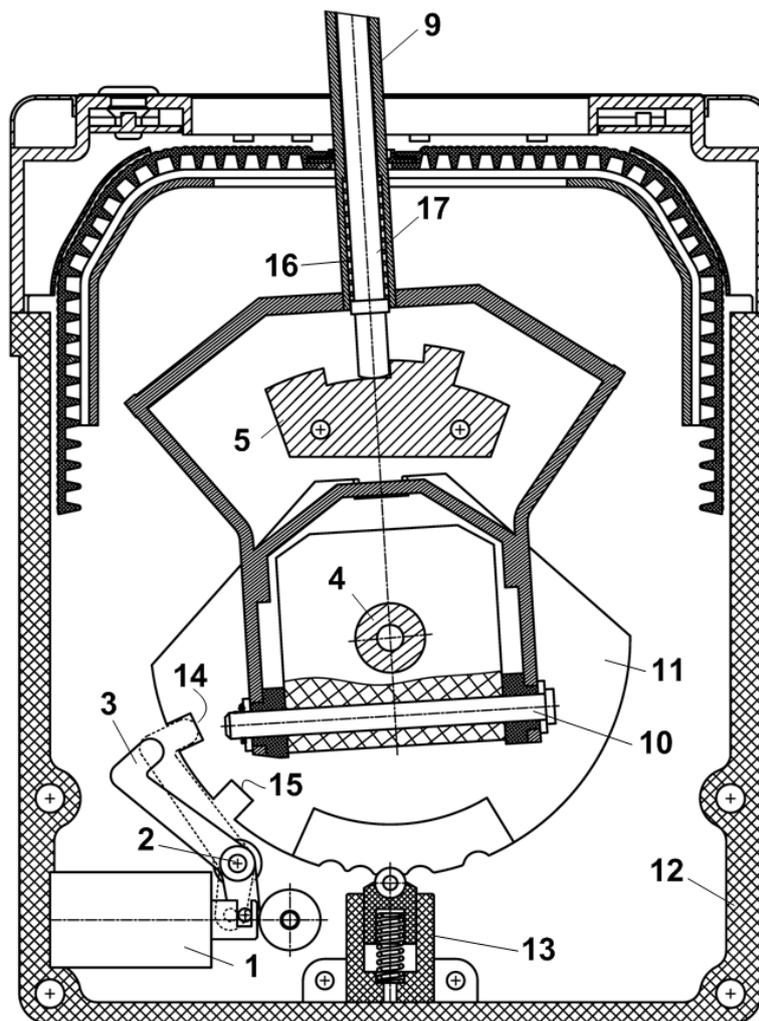


Рис. 4. Конструкция селектора режимов управления гидромеханической передачей

Поворот рычага селектора в двух продольных плоскостях происходит относительно оси 4, закрепленной в корпусе 12, а в поперечной плоскости – относительно оси 10. Пружинный фиксатор 13 контролирует положение рычага в длинной продольной дорожке, т. е. в положениях P, R, N, D, L. Второй пружинный фиксатор 6 обеспечивает фиксацию рычага в длинной и короткой дорожках, т. е. в положениях D и M.

Электромагнитный механизм стопорения выполнен в виде двулучевого рычага 3, установленного на оси 2. Стопорящий выступ этого рычага может входить в один из пазов 14 или 15 щеки 11, кинематически связанной с рычагом се-

лктора 9. Щека 11 поворачивается рычагом селектора в продольной плоскости. Поворот двулучевого рычага 3 при стопорении рычага селектора в положениях P и N осуществляется посредством электромагнита 1, а возврат в исходное положение при снятии стопорения происходит под действием возвратной пружины.

Пружинный механизм стопорения представляет собой подвижный стержень 17, расположенный в осевом отверстии рычага селектора 9 и прижимаемый пружиной 16 к профилированной поверхности специальной матрицы 5. Подъем стержня 17 осуществляется подпружиненной кнопкой 7, расположенной

в рукоятке 8 рычага селектора 9.

Рассмотрим работу селектора при выборе режимов управления водителем. В исходном состоянии автомобиля на стоянке рычаг селектора находится в положении Р, при этом включен стояночный тормоз. После поворота ключа зажигания перед пуском двигателя электронный блок селектора подключается к источнику питания и запитывает обмотку электромагнита 1. В результате включается электромагнитный механизм стопорения рычага селектора в положении Р. Одновременно в этом же положении рычаг селектора постоянно заблокирован механическим стопором.

Для снятия электромагнитной блокировки рычага селектора нажимают на педаль рабочего тормоза. По сигналу датчика рабочего тормоза электронный блок селектора отключает питание обмотки электромагнита 1, и рычаг стопора 3 под действием возвратной пружины поворачивается относительно своей оси против часовой стрелки и освобождает рычаг селектора от блокировки. Механическая блокировка рычага селектора снимается нажатием кнопки 7. После выключения обоих механизмов стопорения рычаг селектора можно переместить из положения Р в любую выбранную позицию. При этом в процессе перемещения необходимо удерживать кнопку 7 и педаль рабочего тормоза в нажатом состоянии.

В положении N также всегда включен электромагнитный механизм стопорения. Для вывода рычага селектора из этого положения следует нажать на педаль рабочего тормоза, чтобы обесточить обмотку электромагнита 1. Для предупреждения водителя о необходимости нажатия педали рабочего тормоза при выходе из положений Р и N на лицевой панели предусмотрено окошко-индикатор, светодиод которого излучает красный свет. После нажатия педали тормоза этот индикатор гаснет, и во всех остальных положениях рычага селектора он не светится.

Ряд вариантов перемещений рычага селектора осуществляется беспрепятственно и не требует использования кнопки 7 и других органов управления. К таким перемещениям относятся: $D \rightarrow N$; $R \rightarrow N$; $L \rightarrow D$; $D \rightarrow M$. Для перемещений $D \rightarrow L$; $N \rightarrow R$; $R \rightarrow P$ необходимо нажать кнопку 7, чтобы снять блокировку механического стопора. Применение двух механизмов стопорения рычага селектора – механического и электромагнитного – обеспечивает надежное функционирование селектора и позволяет исключить ошибки при выборе режимов управления автоматической трансмиссией автомобиля.

Условия работы карьерных самосвалов существенно отличаются от условий, в которых используются обычные транспортные автомобили. Карьерные дороги сравнительно узкие, с крутыми подъемами, резкими поворотами трассы и серпантинами. Надежность функционирования системы управления движением машины в таких условиях приобретает решающее значение для безопасности работы карьерного транспорта. При отказе автоматической системы управления водитель должен иметь возможность продолжать управление процессом движения машины. С этой целью в конструкции созданного селектора предусмотрены два режима управления ГМП – автоматический и командный, т. е. предусмотрено дублирование автоматической системы командным режимом управления.

Отдельные участки карьерных дорог характеризуются слишком частой сменой параметров дорожных условий (чередование подъемов-спусков, крутых поворотов). На таких участках могут происходить неоправданно частые переключения передач автоматической системой управления. В этих условиях целесообразно ограничить диапазон используемых передач для повышения устойчивости и безопасности движения. С этой целью в селекторе предусмотрен режим запрета включения высших пере-

дач, что позволяет стабилизировать параметры движения на автоматическом режиме управления. Рычаг селектора для задания такого режима необходимо перевести в положение L. При этом контроллер фиксирует номер передачи, на которой двигался автомобиль в момент перевода рычага селектора в это положение. Автоматическая система в этом случае может переключать только более низкие передачи, вплоть до зафиксированной на режиме L. После преодоления сложного участка трассы рычаг селектора переводят в положение D, и ограничение на включение высших передач снимается.

При использовании командного режима управления рычаг селектора находится в положении M малой дорожки. Для подачи сигнала на переключение с низшей на высшую передачу рычаг кратковременно перемещается вперед в положение «+», при переключении с высшей на низшую – назад в положение «-». В этих положениях фиксация рычага не происходит, и он после отпущивания водителем возвращается в фиксированное состояние M.

На рис. 5 приведена схема, отображающая формирование и передачу сигналов на управление ГМП.

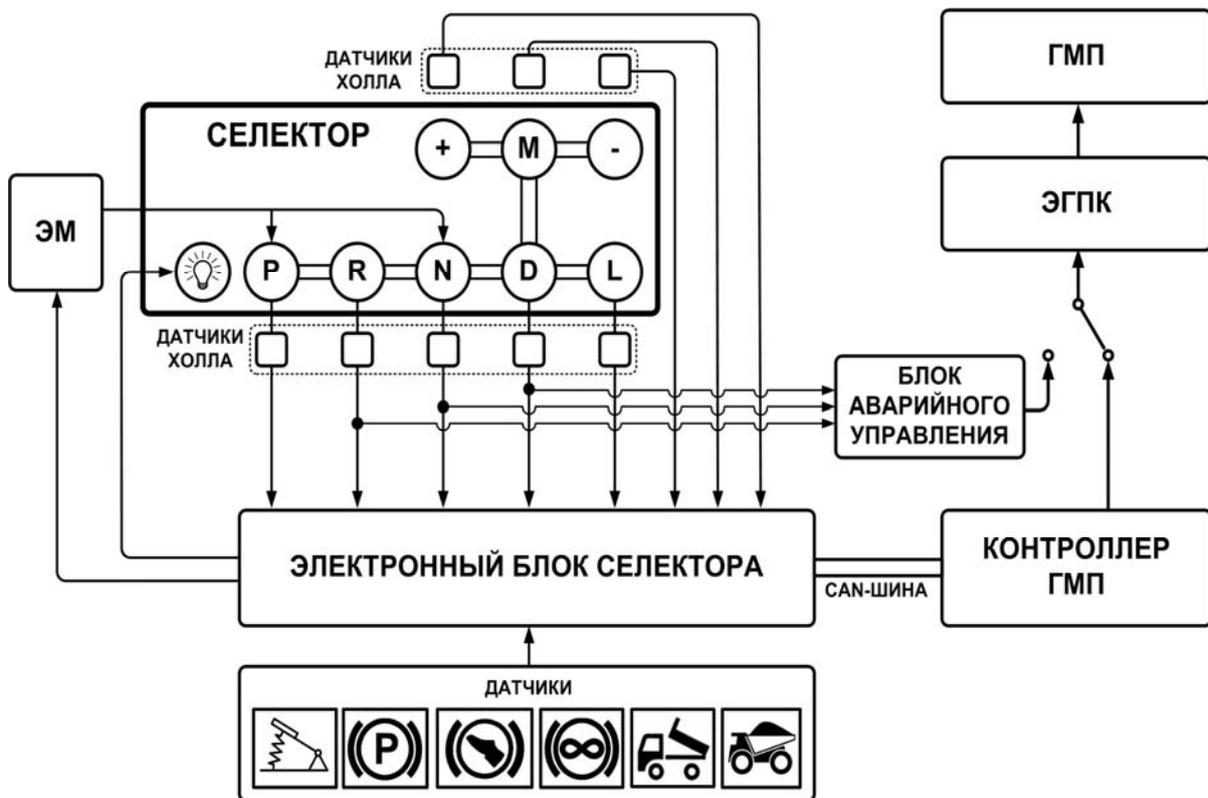


Рис. 5. Схема формирования и передачи сигналов на управление гидромеханической передачей

Селектор снабжен электронным блоком, который осуществляет прием и анализ сигналов датчиков и на их основе формирует сигналы, характеризующие выбор режимов управления, а также сигналы датчиков других органов

управления автомобилем, которые затем передаются по CAN-шине в контроллер и к панели индикации. На основании этих сигналов, а также сигналов датчиков, характеризующих режимы работы механизмов гидромехани-

ческой передачи и двигателя (см. рис. 1, датчики 6, 7, 8, 9), контроллер формирует сигналы управления, обрабатываемые электрогидравлическими пропорциональными клапанами (ЭГПК), осуществляющими управление фрикционами ГМП в процессе переключения передач. В электронный блок селектора поступает сигнал о выборе режима управления, о положении органов управления автомобилем (педаль акселератора, педаль рабочего тормоза, рычаг стояночного тормоза, орган управления тормозом-замедлителем), о положении грузовой платформы самосвала, об уровне загрузки. Положения рычага селектора фиксируются бесконтактными датчиками Холла, сигналы которых передаются в электронный блок селектора.

Контроллер непрерывно осуществляет мониторинг состояния всех электронных компонентов МСАУ. Согласно техническому заданию на разработку компонентов МСАУ, в случае неисправности контроллера, электронного блока селектора или CAN-шины, при которой работа в автоматическом и командном режимах становится невозможной, система управления ГМП должна обеспечивать способность перемещения самосвала своим ходом на базу ремонта. Для выполнения этого требования селектор снабжен системой аварийного управления, выполненной в виде отдельного блока, находящегося в

корпусе селектора. В этом блоке расположены релейные силовые элементы, напрямую связанные с электромагнитами, обеспечивающими включение первой передачи и передачи реверса. Переключение системы управления ГМП на аварийный режим осуществляется отдельным переключателем, находящимся на панели приборов автомобиля. При этом отключается питание контроллера и прерываются связи всех выходов широтно-импульсных модуляторов (ШИМ) с электромагнитами ЭГПК, осуществляющих формирование управляющих сигналов в автоматическом режиме управления. В аварийном режиме включение первой передачи производится переводом рычага селектора из положения N в положение D, а передачи реверса – переводом из положения N в положение R.

В заключение отметим, что созданная конструкция селектора режимов управления ГМП отвечает всем требованиям утвержденного технического задания и соответствует уровню зарубежных аналогов. Функциональные возможности селектора по управлению автоматическими трансмиссиями позволяют использовать его практически на любых транспортных автомобилях. Проведенные испытания опытных образцов на карьерном самосвале БелАЗ-75450 грузоподъемностью 45 т показали их работоспособность и надежность функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мехатронная система автоматического управления ГМП карьерного самосвала / В. П. Тарасик [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2010. – № 6. – С. 12–15.
2. Мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей карьерных самосвалов БелАЗ / В. П. Тарасик [и др.] // Грузовик. – 2011. – № 2. – С. 2–11.
3. Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин : монография / Н. Н. Горбатенко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. П. Тарасика. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с.

4. Пат. 2 491 459 РФ, МПК F 16 H 59/04 ; F 16 H 61/24. Устройство для выбора режимов управления автоматической трансмиссией автомобиля / В. П. Тарасик [и др.]; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т ; заявл. 14.02.12 ; опубл. 27.08.13, Бюл № 24. – 22 с.

Статья сдана в редакцию 4 октября 2013 года

Владимир Петрович Тарасик, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

Владислав Иосифович Курстак, ассистент, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-26-74-58. E-mail: wlk@tut.by.

Роман Владимирович Плякин, ассистент, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-41-29-79. E-mail: romanp@tut.by.

Александр Илларионович Клюев, главный инженер, ОАО «Измеритель». Тел.: +375-214-32-28-11. E-mail: kluev_ai@rambler.ru.

Анатолий Васильевич Яковлев, ведущий конструктор, ОАО «Измеритель». Тел.: +375-214-32-28-11. E-mail: kluev_ai@rambler.ru.

Vladimir Petrovich Tarasik, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University. Phone: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

Vladislav Iosifovich Kurstak, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: +375-222-26-74-58. E-mail: wlk@tut.by.

Roman Vladimirovich Pliakin, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. Phone: +375-222-41-29-79. E-mail: romanp@tut.by.

Aleksandr Illarionovich Kluev, chief engineer, ОАО «Izmeritel». Phone: +375-214-32-28-11. E-mail: kluev_ai@rambler.ru.

Anatoly Vasilyevich Yakovlev, project engineer, ОАО «Izmeritel». Phone: +375-214-32-28-11. E-mail: kluev_ai@rambler.ru.

ВЕСТНИК БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 4 – 2013

Ответственный за выпуск	В. И. Кошелева
Художественное оформление обложки	И. А. Алексеюс
Дизайн и компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Адрес редакции:
Белорусско-Российский университет
212000, г. Могилев, пр. Мира, 43, ауд. 331, тел. 26-61-00
Свидетельство о регистрации № 2579 от 03.05.2007 г.

Заказ 7159. Тираж 100. Отпечатано в УПКП «Могилевская областная типография
имени Спиридона Соболя» (г. Могилев, ул. Первомайская, 70)
ЛП № 02330/0150452 от 03.02.2009 г.