

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ КОРОБКА ПЕРЕДАЧ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

*О.С. Руктешель, В.А. Кусяк, С.А. Сидоров*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Развитие электроники и создание микропроцессоров нового поколения, появление высокоскоростных коммуникационных бортовых сетей и разработка стандартов ISO по передаче данных между встроенными электронными модулями дали мощный толчок к созданию и внедрению на автотранспортные средства высокоэффективных мехатронных систем управления силовым агрегатом.

Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является разработка автоматизированной мехатронной системы управления силовым агрегатом на базе сухого фрикционного сцепления и механической ступенчатой коробки передач.

За рубежом проблеме автоматизации управления силовым агрегатом уделяется огромное внимание. На сегодняшний день над созданием и совершенствованием автоматизированных мехатронных систем работают исследовательские центры ведущих мировых автомобилестроительных концернов и специализированных фирм: Daimler-Chrysler (Германия-США), Volvo (Швеция), Scania (Швеция), ZF Friedrichshafen AG (Германия), Eaton (США). Современные АМСУСА Mercedes Telligent, Scania Opticruise, Iveco Euro Tronic automated, Volvo Geartronic, Volvo I-Shift, ZF AS-Tronic, Eaton Fuller Auto/ UltraShift серийно устанавливаются на грузовые автомобили, автобусы и автопоезда, улучшая их тягово-скоростные показатели и топливную экономичность [1, 2, 3, 4, 5].

По данным концерна Daimler-Chrysler AG (Германия – США) разработка электронно-диагностической системы Telligent позволила на 3–7 % повысить топливную экономичность грузовых автомобилей нового поколения Mercedes-Benz ACTROS (рис. 1), значительно снизить затраты на их ремонт и обслуживание, а также уменьшить износ силового агрегата.

По данным концерна Daimler-Chrysler AG (Германия – США) разработка электронно-диагностической системы Telligent позволила на 3–7 % повысить топливную экономичность грузовых автомобилей нового поколения Mercedes-Benz ACTROS (рис. 1), значительно снизить затраты на их ремонт и обслуживание, а также уменьшить износ силового агрегата.



Рис. 1. Mercedes-Benz ACTROS полной массой 40 т

Межсервисный интервал автомобилей нового модельного ряда, по сравнению с грузовиками Mercedes-Benz серии SK выпуска до 1996 г., увеличен вдвое и составляет 100000 км, моторесурс возрос до 1000000 км. Добавлен третий год гарантии на трансмиссионные узлы и агрегаты автомобиля (двигатель, сцепление, КП, мосты) при ограничении по пробегу до 450 тыс. км.

Эффект от использования только электронно-пневматической системы переключения передач Telligent GearShift automated для механических 16-ступенчатых коробок составил около одного литра топлива на 100 км пробега. Что объясняется, помимо более высокого КПД механических КП, использованием оптимальных законов и алгоритмов переключения передач с центральной синхронизацией, позволяющих сократить до минимума разрыв потока мощности и осуществить переключение в области минимальных удельных расходов топлива. Кроме того, в конструкции КП отсутствуют синхронизаторы, за счет чего существенно снижены масса и уменьшены габариты коробки передач. Электронное ограничение передаваемого коробкой передач крутящего момента в процессе трогания и маневрирования позволяет разгрузить зубчатые зацепления, валы и подшипники трансмиссии, что также уменьшает габаритные размеры и массу коробки передач, исключает перегрузку и преждевременный износ силового агрегата.

Учитывая перспективность вышеописанного направления, специалисты кафедры «Автомобили» БНТУ разработали макетный образец мехатронной системы управления 10-ти ступенчатой коробкой передач КамАЗ-14 в комплексе с двухдисковым фрикционным сцеплением и дизельным двигателем КамАЗ-740. Информационно-управляющий комплекс меха-

тронной системы (рис. 2) обрабатывает информацию, поступающую от датчиков:

- частоты вращения коленчатого вала ДВС, промежуточного и выходного валов КП;
- положения рычага регулятора ТНВД;
- положения педали акселератора;
- положений ИМ переключения передач основной и дополнительной КП;
- положения рычага выключения сцепления;
- срабатывания рабочей и вспомогательной тормозных систем
- положения селектора режимов.

На основании полученной от датчиков информации электронные блоки АМСУСА обеспечивают при отработке программы автоматическое или командное управление узлами силового агрегата автомобиля:

- управление КП при трогании, маневрировании и переключении передач;
- управление топливоподачей дизельного двигателя, в том числе и на переходных процессах;
- управление сухим фрикционным сцеплением;
- управление исполнительными механизмами вспомогательной тормозной системы (пневмоцилиндрами моторного тормоза и останова двигателя).

В командном режиме водитель инициирует момент, направление и шаг переключения посредством воздействия на селектор 27 (рис. 2), а сам процесс переключения передач осуществляется автоматикой в соответствии с управляющим алгоритмом.

В случае автоматического управления обеспечиваются следующие режимы работы силового агрегата:

- трогание автомобиля с места;
- маневрирование с низкими скоростями;
- выбор направления и момента переключения передач;
- организация процесса переключения на высшую передачу;
- организация процесса переключения на низшую передачу;
- предохранение двигателя от заглохания;
- выбор передачи после торможения автомобиля или движения накатом;
- автоматическое поддержание заданной водителем скорости движения.

Исполнительный механизм (ИМ) 25 (рис. 2) базовой коробки передач разработан в Проблемной НИЛ БПИ-БГПА-БНТУ [6] и представляет собой два силовых пневматических цилиндра, оси которых расположены под углом 90 градусов друг к другу (рис. 3). Конструкция поршней пневмо-

цилиндров — ступенчатая. Один из цилиндров осуществляет выбор штока требуемой передачи, а другой отвечает за перемещение выбранного ползуна и включение передачи.

Основными элементами исполнительного механизма [6] переключения передач (рис. 4) являются корпус 8 пневмоцилиндра, кольцевые поршни 37 и 40 с уплотнениями, шток 15 с поршнями 38 и 41. На рычаге 14, жестко связанном со штоком 15, нарезан зубчатый сектор, введенный в зацепление с зубчатой рейкой штока 13 пневмоцилиндра выбора передачи.

Пневмоцилиндр выбора штока требуемой пе-

редачи имеет такую же конструкцию, но расположен под прямым углом к пневмоцилиндру включения передачи. Шток-поршень 13 (рис. 4) перемещаясь, поворачивает рычаг 14, осуществляя выбор необходимого ползуна 17 коробки передач.

Вышеописанный исполнительный механизм устанавливается непосредственно на крышку КП (рис. 5) без каких-либо ее конструктивных изменений. Включение требуемой передачи происходит за счет подачи сигнала на определенную комбинацию электропневмоклапанов 3 (рис. 5), последовательно соединяющих с атмосферой рабочие полости цилиндров выбора 1 и включения 2 передач.

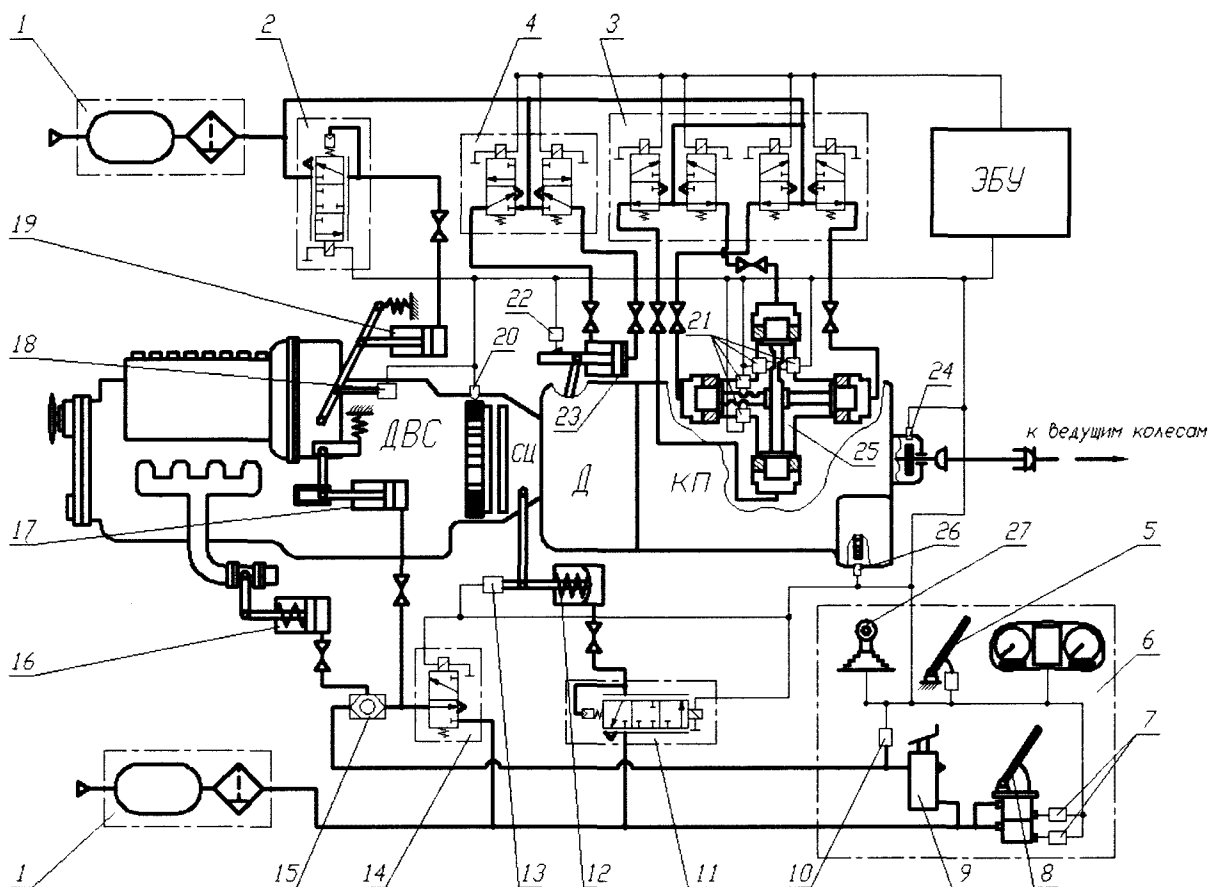


Рис. 2. Принципиальная схема автоматизированного силового агрегата:

- 1 — питающая часть пневмопривода; 2, 11 — пропорциональные ЭМК управления соответственно топливоподачей ДВС и сцеплением; 3 — блок ЭМК управления исполнительным механизмом КП; 4 — ЭМК управления делителем; 5 — педаль акселератора с датчиком положения; 6 — органы управления и панель приборов; 7, 10 — датчики давления; 8 — педаль тормоза с двухсекционным тормозным краном; 9 — клапан останова двигателя; 12, 16, 17, 19, 23, 25 — исполнительный механизм соответственно сцепления, моторного тормоза, выключения подачи топлива, рычага регулятора ТНВД и делителя; 13, 18, 22 — датчики перемещения; 14 — ЭМК управления моторным тормозом и выключением подачи топлива; 15 — двухмагистральный клапан; 20, 24, 26 — датчики частоты вращения; 21 — концевые выключатели; 25 — исполнительный механизм КП; 27 — селектор режимов

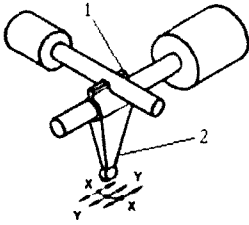


Рис. 3. Расположение пневмоцилиндров ИМ:  
 1 — зацепление рейка — зубчатый сектор,  
 2 — палец исполнительного механизма, 3 — шток  
 вилки переключения; 4 — головка штока;  
 5 — вилка переключения передачи

Переключение ступеней двухступенчатого повышающего делителя осуществляется с помощью штатного пневматического цилиндра 4 (рис. 5), установленного на общем со сцеплением картере [7, с. 84] (рис. 6) при подаче напряжения от контроллера на один из двух электромагнитных клапанов, дополнительно установленных на рампе 3 (рис. 5). При этом одна из рабочих полостей силового пневмоцилиндра 4 сообщается с нагнетательной магистралью, другая — с атмосферой, за счет чего происходит автоматическое включение прямой или повышающей ступени делителя.

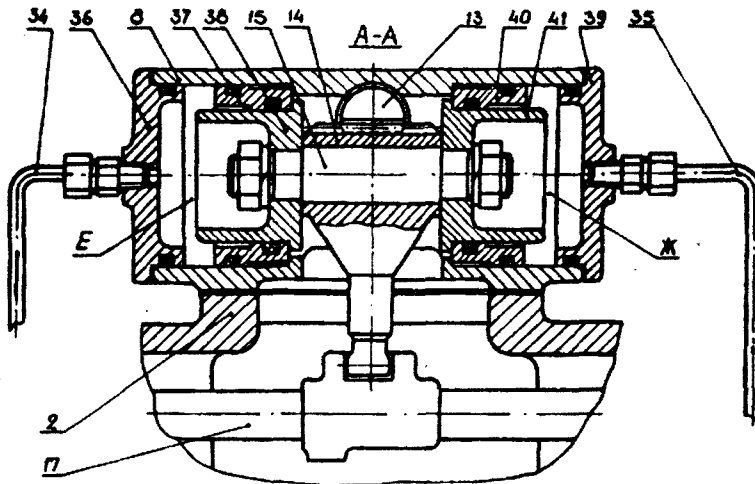


Рис. 4. Разрез пневмоцилиндра включения передачи:  
 2 — крышка КП; 17 — шток КП (ползун с поводком); 34, 35 — трубопроводы со штуцерами;  
 36, 39 — крышки с уплотнительными кольцами; Е, Ж — рабочие полости пневмоцилиндра

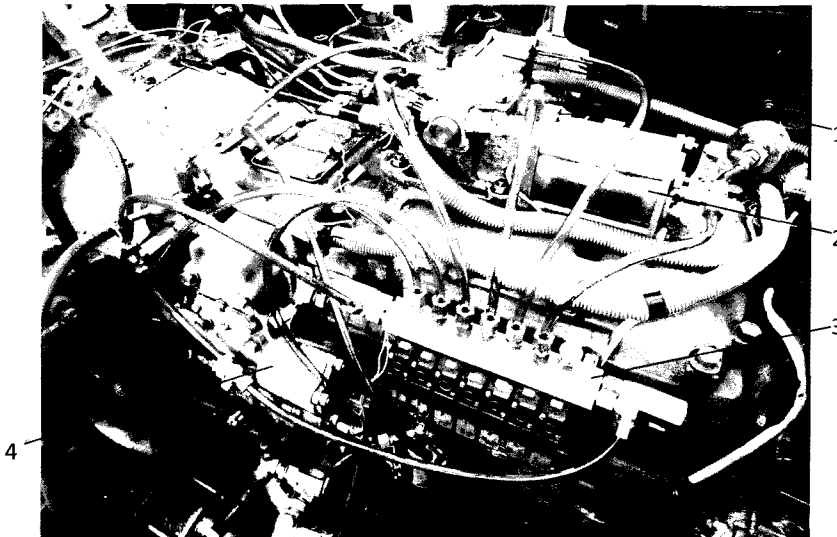


Рис. 5. Исполнительный механизм КП с рампой ЭМК:  
 1 — пневмоцилиндр выбора штока (ползуна); 2 — пневмоцилиндр включения передачи;  
 3 — рампа с электромагнитными клапанами; 4 — исполнительный механизм делителя

Работоспособность исполнительных механизмов автоматизированной коробки передач (рис. 2) была подтверждена полунатурным экспериментом. Управление силовым агрегатом осуществлялось оператором в командном режиме. Отдельные результаты экспериментов приведены на рис. 6.

Как видно из представленной осциллограммы большую часть времени (1,4 с) занимает процесс переключения в основной КП. Переход с повы-

шающей на прямую ступень делителя занимает 0,4 с. Общее время переключения передач (от момента перевода селектора до полного выключения сцепления) составляет 1,95 с (рис. 6).

Таким образом, представленные результаты полунатурного эксперимента подтверждают функциональность разработанного алгоритма, работоспособность спроектированной мехатронной системы и целесообразность автоматизации силовых агрегатов автотранспортных средств.

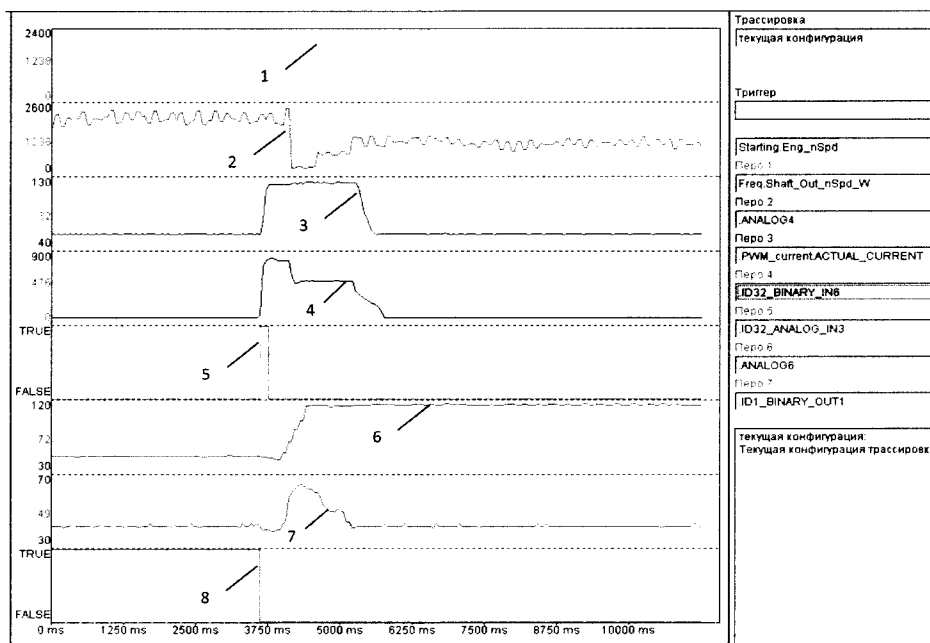


Рис. 6. Осциллограмма процесса переключения с II-й на III-ю передачу:

- 1, 2 — частота вращения соответственно коленвала ДВС и выходного вала КП в приведении к первичному валу, об/мин; 3 — перемещение рычага выключения сцепления, бит; 4 — ток ПЭМК управления сцеплением, мА; 5 — сигнал уровня «1» от перемещения рычага селектора в позицию «+»; 6 — перемещение вилки переключения делителя, бит; 7 — перемещение вилки включения передачи в базовой КП, бит; 8 — сигнал на управление электромагнитным клапаном делителя

**Список использованных источников**

- Fuller®Automated Transmissions: AutoShift™ 18-Speed / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL-0285 806 2M/WP. – Eaton Corporation, USA, 2006. – 2 p.
- Fuller®Automated Transmissions: Fuller®UltraShift® LST -LHP, -LEP / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL-0300, -0318 807 2.5M/WP, TRSL – 0314 807 2M/WP. – Eaton Corporation, USA, 2007. – 6 p.
- Opticruise: description of operation and work description / Scania tech. information 05:05-02, Sheet-No. 1 585 369. – Scania CV AB, Sweden, 1995. – 84 p.
- ZF AS Tronic и ZF AS Tronic mid: техническое руководство по установке, работе и вводу в эксплуатацию / ZF tech. information, Sheet-No. 1328 765 901f21. – ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2005. – 105 p.
- Тенденции развития автоматизированных систем управления механическими коробками передач большегрузных автомобилей / О.С. Руктегель [и др.] // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2006. – № 2. – С. 50–54.
- Механизм переключения передач транспортного средства: а. с. 1498643 СССР, МПК В60К 20/00 / С.Г. Стаскевич, [и др.]; заявл. 09.12.87; опубл. 07.08.89. – 3 с.
- Автомобили КамАЗ-5320, КамАЗ 5410, КамАЗ-5541: руководство по ремонту автомобилей. – М.: автоэкспорт, 1990. – 237 с.