

первым фантастическим изобретениям форму и очертания в своих концепт-артах. В большинстве своем эти работы не имели под собой каких-либо конструкторских изысканий и эскизных проработок. Художники зачастую рисовали эффектные кадры, ракурсы, с затейливыми силуэтами и механическими элементами, что создавало в сознании читателей некий настрой. Все остальное «дорисовывалось» уже в воображении каждого конкретного человека, когда тот читал книгу. Такой подход художников нельзя было бы назвать дизайнерским, хоть они и закладывали в свои рисунки некоторые функциональные особенности машин и механизмов, исходя из того, что было описано в тексте, однако это было не более чем искусство, выполнявшее свою прикладную функцию создания нужного настроения у читателя (рисунок 3).

Как мы можем наблюдать, примерно с середины XIX века наука, промышленность и искусство стали действовать за одно – подталкивая друг друга ко все более и более уникальным, совершенным и в тоже время фантастическим разработкам. Появились новые виды машин, новые дисциплины в науке, отражавшие потребности времени, а за ними сделали шаг вперед и мечты и фантазии людей, а вместе с ними концепты и концепт-арты. Появился спрос и конкуренция в сфере высоких (по тем временам) технологий, а для дальнейшего развития нет лучшего стимула, чем экономический. Фантазии также резко подскочили в цене, мечтать стало не только интересно, но и выгодно.

Естественно результаты не заставили себя ждать, и XX век преподнес человечеству столько нового, что ни одна предыдущая эпоха не сравнится с ним по количеству инноваций. Этот век стал веком высоких технологий, в котором транспорт сыграл огромную роль, ибо события стали разворачиваться с такой невероятной скоростью, что человек самостоятельно за ними поспевать уже не мог.

Литература

1. http://arttobuild.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=800&Itemid=1
2. <http://mifolog.ru/books/item/f00/s00/z0000033/st039.shtml>
3. <http://burninghearts.clan.su/forum/23-51-1>
4. <http://www.nashgazeta.ch/node/8740>
5. <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ремесло>
6. <http://vivovoco.rsl.ru/VV/PAPERS/HISTORY/CRYSTAL.HTM>
7. http://ru.wikipedia.org/wiki/Научная_фантастика

Однопарные переключения ступеней в коробках передач тракторов

Алендеев Е.М.

ОАО «НИИ стали»

8 (495) 485-99-97, evg9702@gmail.com

Аннотация. В статье проведен анализ, сопоставление и классификация основных вариантов организации однопарных переключений передач для трансмиссий, имеющих не менее двух фрикционных гидродожимных муфт.

Ключевые слова: переключение передач, безразрывность потока мощности, циркуляция мощности, система управления.

Процесс переключения передач подробно разобран в работах [1-7]. Однако на сегодняшний день отсутствуют публикации, в которых приведен анализ, сопоставление и классификация основных вариантов организации переключений передач.

В данной статье речь пойдет об однопарных переключениях передач в трансмиссиях, имеющих не менее двух фрикционных гидродожимных муфт (ФМ), давления в которых регулируются электронным логическим устройством (контроллером трансмиссии) посредством пропорциональных электрогидравлических клапанов, и оснащенных датчиками давлений в ФМ и датчиками оборотов входного и выходного валов коробки передач (КП). Причем данные с датчиков поступают непосредственно в контроллер трансмиссии, где возможно их

хранение и обработка. Такие трансмиссии, как правило, работают в паре с турбированным двигателем с электронным управлением, который имеет свой контроллер.

Ниже будут рассмотрены переключения передач с $K-1$ на K (вверх) и с K на $K-1$ (вниз) в виде графиков изменения давлений в соответствующих ФМ и скорости машинно-тракторного агрегата (МТА) от времени. На всех графиках для включаемой ФМ будет характерно наличие подготовительного этапа, на котором происходит заполнение бустера ФМ. Подготовительный этап характеризуется постоянной подачей во включаемую ФМ небольшого давления, достаточного для преодоления ее поршнем усилия отжатия со стороны пружин и заполнения предпоршневой полости маслом. При этом в выключаемую ФМ продолжает подаваться полное давление, обеспечивающее запас по отношению к моменту сопротивления. Также подготовительный этап можно сократить, если импульсно на непродолжительное время подать во включаемую ФМ полное давление.

Можно выделить три основных способа организации процесса переключений передач по связи контроллера трансмиссии с датчиками КП: 1) без обратной связи с датчиками; 2) с обратной связью с датчиками давлений в ФМ и датчиками оборотов; 3) с обратной связью только с датчиками оборотов валов.

Существует много методов получения сведений о нагрузке на крюке путем определения нагрузки на двигателе. Один из них основан на мониторинге работы его турбокомпрессора. Также момент сопротивления можно определить на основе сравнения частоты вращения коленвала двигателя с датчика оборотов первичного вала КП с установленной рычагом подачи топлива оператором, для чего на этот рычаг необходимо установить датчик положения.

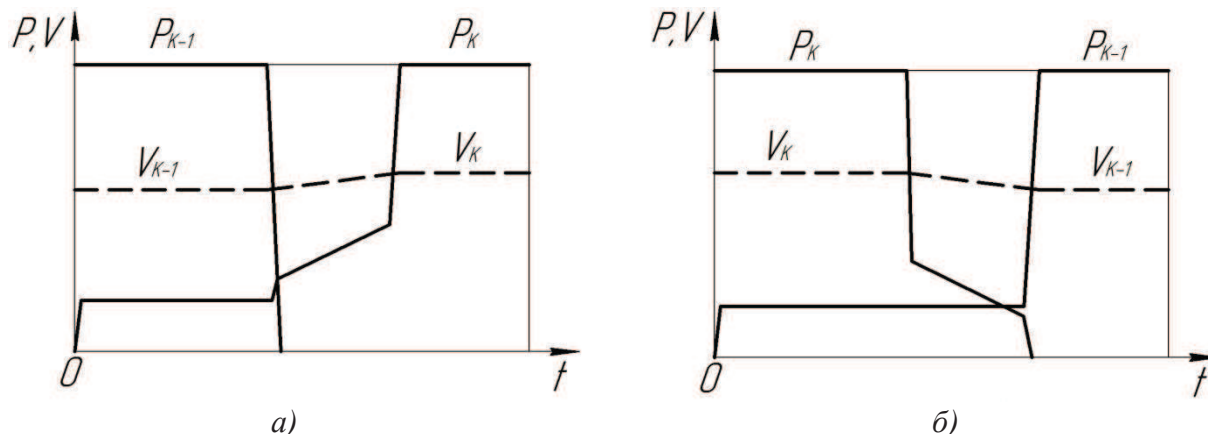


Рисунок 1. Организация процесса переключения передач для МТА при известном моменте сопротивления: а – вверх; б – вниз

При известной нагрузке на крюке переключение вверх целесообразно выстраивать по схеме, приведенной на рисунке 1а, где разгон МТА осуществляется только за счет включаемой ФМ. При переключении вниз – по схеме, приведенной на рисунке 1б, с замедлением за счет выключаемой ФМ [8]. Известный момент сопротивления позволяет определить начальные значения давлений, необходимые для обеспечения требуемой тяги со скоростью выключаемой передачи. Зная момент сопротивления, желаемое ускорение МТА или желаемую мощность буксования включаемой ФМ, представляется возможным сформировать характер дальнейшего изменения давлений во включаемой ФМ. Данные о нагрузке на крюке позволяют организовать переключение с требуемой плавностью при допустимом износе ФМ. Но в то же время такие методы определения момента сопротивления имеют общие недостатки:

- при работе трактора с валом отбора мощности (ВОМ), данные о реальном моменте сопротивления могут быть искажены. Это связано с тем, что на двигатель будут действовать одновременно нагрузка на ВОМ и нагрузка на крюке, причем последняя может быть значительно меньше первой;
- для определения нагрузки на крюке необходима связь контроллера трансмиссии с контроллером двигателя или дополнительная установка датчика положения рычага подачи

топлива.

В тех случаях, когда нет возможности определить момент сопротивления, для получения безразрывности переключения весь диапазон нагрузок трактора можно разбить на поддиапазоны. Такое разделение целесообразно проводить в процентах от максимального момента двигателя (например 0-40% – низкая нагрузка; 40-70% – средняя нагрузка; 70-100% – высокая нагрузка). В зависимости от нагрузки на крюке оператор выбирает один из трех режимов работы, каждый из которых соответствует своему поддиапазону.

Суть данного метода заключается в том, чтобы за счет работы включаемой и выключаемой муфт независимо от нагрузки из поддиапазона обеспечить плавность одним законом изменения давления в ФМ. В ходе переключения давление во включаемой муфте постепенно увеличивается, а в выключаемой – уменьшается (рисунок 2). В случае работы трактора с минимальной нагрузкой из поддиапазона при переключении вверх в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 2, избыточная часть момента, передаваемого на выходной вал КП включаемой муфтой, по сравнению с моментом, необходимым для преодоления момента сопротивления движению, отводится через выключаемую муфту на входной вал. При этом возникает циркуляция мощности, которая будет продолжаться до тех пор, пока муфта нижней передачи не будет полностью выключена [4-7]. При работе с максимальной нагрузкой из поддиапазона, моменты от обеих муфт будут складываться на выходном валу, обеспечивая движение МТА со скоростью выключаемой передачи, и ко времени сброса давления в выключаемой муфте включаемая должна быть способна одна передавать этот момент сопротивления, обеспечивая последующее ускорение МТА. Данный способ позволяет обеспечить плавность переключения без данных о моменте сопротивления, но при неправильных законах изменения давлений может привести к значительной циркуляции мощности и быстрому износу ФМ.

Совместная работа нескольких муфт позволяет снизить мощность буксования включаемой муфты, что, однако, возможно только при подключении на переключениях вверх муфт высших передач (рисунок 2а), а на переключениях вниз – муфт низших передач [8].

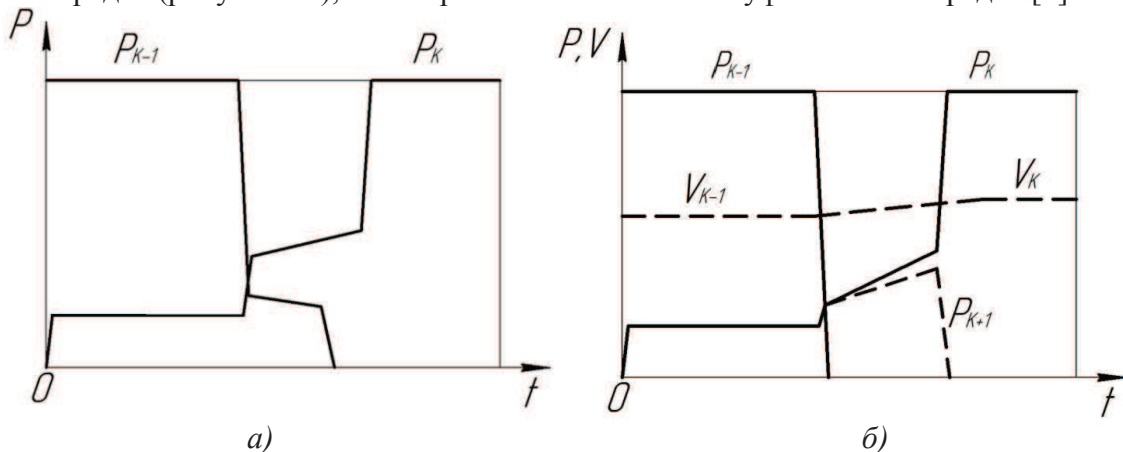


Рисунок 2. Организация процесса переключения передач вверх: а – при разделении диапазона нагрузок на поддиапазоны; б – с подключением муфт

Зачастую на тракторах используются трансмиссии типа Powershift, КП в которых состоят из основной и диапазонной частей с ФМ. В таких КП для того, чтобы включить какую-либо передачу, необходимо замкнуть сразу две муфты: муфту основной части и муфту диапазонов. В связи с этим в таких трансмиссиях возможны однопарные переключения внутри одного диапазона или внутри одной передачи основной части КП и двухпарные переключения, в которых задействуются сразу четыре муфты. Однопарные переключения проходят между включаемой и выключаемой муфтами при постоянно замкнутой для данного переключения муфте.

В патенте [9] для трансмиссии типа Powershift описывается способ однопарного переключения между муфтами К-1 и К основной части КП за счет буксования муфты диапазонов R (рисунок 3а). В соответствии с данным методом после завершения подготовительного эта-

па давление в выключаемой муфте сбрасывается до нуля, одновременно с этим сбрасывается давление в муфте R до значения, при котором она начинает буксовать, обеспечивая скорость выключаемой передачи. А во включаемую муфту подается полное давление. Такая организация переключения позволяет практически полностью исключить износ включаемой муфты. По аналогии с этим способом представляется возможным организовать переключение, при котором одновременно буксуют включаемая муфта передач основной части КП и муфта диапазонной (рисунок 3б). Схожим образом можно выстроить однопарное переключение между муфтами диапазонной части при буксовании муфты основной части КП. Оба эти метода позволяют значительно уменьшить износ включаемой муфты, но усложняют процесс, поскольку возникает необходимость управления тремя муфтами.

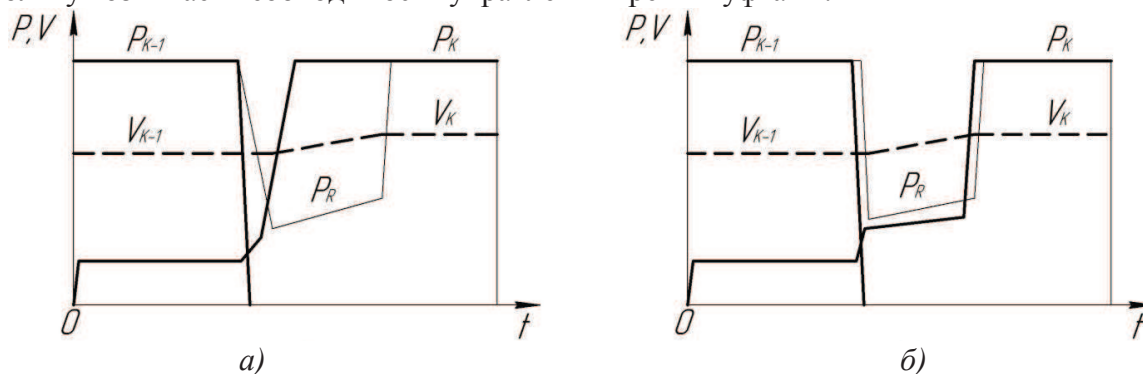


Рисунок 3. Организация процесса переключения передач вверх между муфтами передач K и K-1 основной части с задействованием диапазонной муфты R: а – только за счет буксования муфты R; б – за счет одновременного буксования муфт передач K и R

В ходе переключения представляется возможным управлять скоростью коленчатого вала двигателя за счет изменения подачи топлива [10]. В соответствии с этим способом после завершения подготовительного этапа давление в выключаемой муфте сбрасывается до нуля. Давление во включаемую муфту подается с небольшим перекрытием по отношению к давлению в выключаемой и постепенно увеличивается до заданного значения, после чего резко выходит на полное давление. При переключениях вверх (рисунок 4а) в момент времени, когда произойдет сброс давления в выключаемой муфте, контроллер двигателя подает команду на резкое уменьшение его скорости, после чего происходит постепенное увеличение скорости двигателя вплоть до момента, когда на включаемую муфту подается полное давление. На переключениях вниз (рисунок 4б) необходимо сначала обеспечить резкое увеличение скорости коленвала двигателя, а затем – ее постепенное уменьшение по аналогии с переключением вверх.

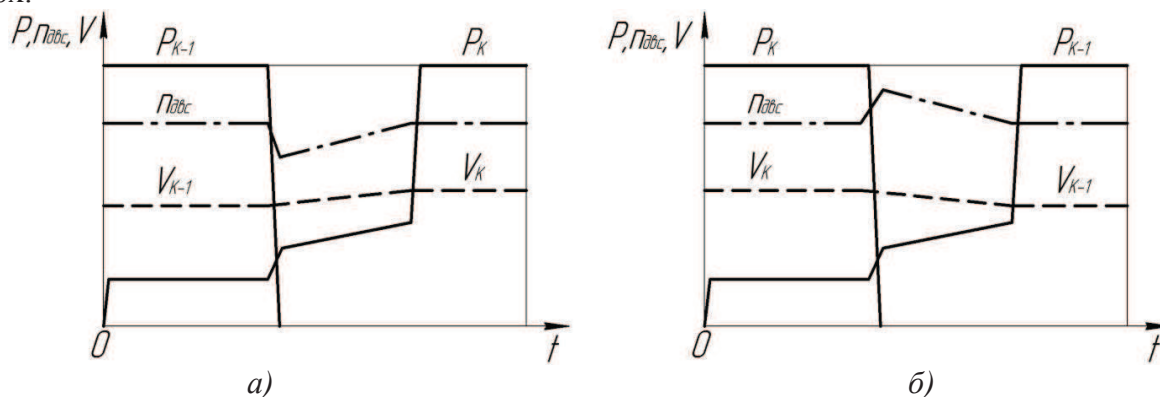


Рисунок 4. Организация переключения передач с использованием двигателя: а – вверх, б – вниз

Данный способ менее зависим от давлений во включаемой муфте и позволяет отчасти или полностью управлять скоростью МТА за счет изменения скорости коленвала двигателя. Однако такое управление требует связи контроллера трансмиссии с контроллером двигателя, а также несколько усложняет процесс переключения, поскольку становится необходимым

управлять не только давлениями в ФМ, но и скоростью двигателя.

Существует метод определения момента сопротивления на основе показаний с датчиков давлений ФМ и датчиков оборотов [11]. Метод основан на постепенном уменьшении давления в выключаемой муфте до тех пор, пока ее не сорвет в буксование, после чего давление в ней сбрасывается до нуля (рисунок 5а). Буксование выключаемой муфты может быть определено на основе данных с датчиков оборотов входного и выходного валов, путем сравнения фактического передаточного отношения КП с передаточным отношением выключаемой передачи, которое хранится в памяти контроллера трансмиссии. На основе давления в выключаемой муфте в момент ее срыва контроллер рассчитывает момент сопротивления. По рассчитанному моменту сопротивления может быть сформирован характер дальнейшего изменения давлений во включаемой муфте. Метод одинаков как для переключений вверх, так и переключений вниз. Достоинством метода является независимость от двигателя в определении момента сопротивления. Недостатком данного способа является то, что в случае низкой нагрузки выключаемую ФМ сорвет в буксование через сравнительно продолжительное время, что приведет к временной задержке переключения по отношению к моменту, когда водитель подал команду. Также в соответствии с этим способом переключение вверх будет сопровождаться перед ускорением небольшим замедлением, что может вызвать дискомфорт у водителя.

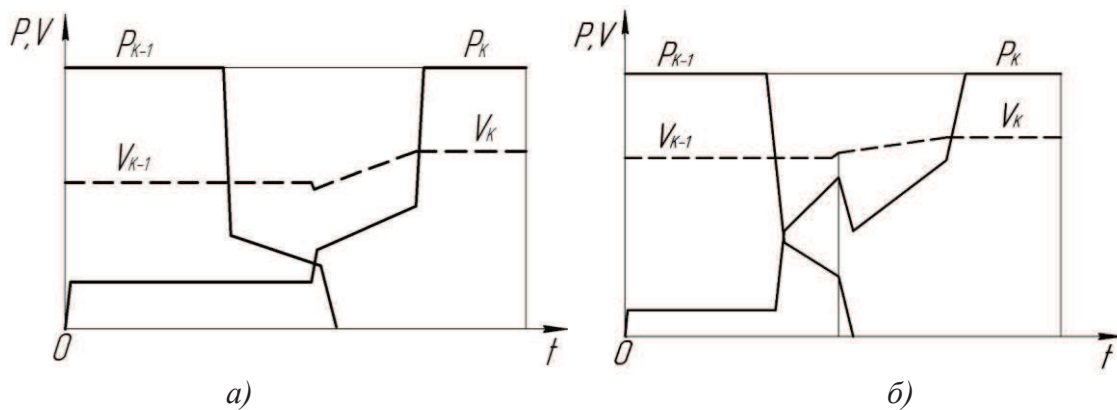


Рисунок 5. Организация процесса переключения передач вверх с определением момента сопротивления за счет: а – постепенного уменьшения давления в выключаемой ФМ; б – постепенного уменьшения давления в выключаемой ФМ и постепенного его увеличения во включаемой ФМ

В том случае, когда отсутствует возможность определения нагрузки на двигателе, момент сопротивления может быть определен в соответствии со способом, графически представленным на рисунке 5б. Одновременно с постепенным уменьшением давления в выключаемой муфте увеличивается давление во включаемой. Причем начальное значение давления во включаемой муфте выше давления в выключаемой. На основе скоростей валов КП и известных давлений в муфтах можно определить момент сопротивления. Как только фиксируется срыв в буксование выключаемой ФМ, давление в ней сбрасывается до нуля. В это время давление во включаемой муфте сбрасывается до соответствующего расчетному моменту сопротивления и затем постепенно увеличивается до момента, обеспечивающего комфортное ускорение или замедление МТА. После чего во включаемую ФМ подается полное давление.

Фактическое передаточное отношение, рассчитанное по данным с датчиков оборотов о частотах вращения входного и выходного валов КП, представляется возможным использовать как параметр обратной связи, по которому определяется ошибка между его текущим значением и значением включаемой передачи. По величине данной ошибки на текущем шаге контроллер вырабатывает корректирующий сигнал, определяющий изменение давления в ФМ на следующем шаге. Величина корректирующего сигнала определяется величиной допустимого ускорения МТА, а также прогнозируемым контроллером временем буксования ФМ. Начальное значение давления включаемой ФМ определяется по моменту сопротивления, полученному от контроллера двигателя или по данным с датчиков давлений. Данный

способ является перспективным, поскольку позволит создать полностью адаптивную систему управления, адекватную изменяющимся внешним условиям даже в ходе переключения.

Выводы

Проделанный аналитический обзор основных вариантов организации переключений передач позволяет сделать вывод, что любой процесс переключения включает от двух до четырех этапов, что в свою очередь зависит от технических возможностей системы управления трактора:

- 1) подготовительный этап;
- 2) этап определения момента сопротивления – по обратной связи контроллера трансмиссии с датчиками оборотов и давлений (рисунок 5), без обратной связи (рисунки 1 и 2а);
- 3) этап управления скоростью – по обратной связи с датчиками оборотов (путем сравнения фактического передаточного числа КП с задаваемым), без обратной связи. Также этот этап можно классифицировать по средствам реализации: переключение за счет буксования одной муфты, обеих муфт, третьей муфты (рисунок 3), с подключением муфт (рисунок 2б), с изменением скорости коленчатого вала двигателя в ходе переключения (рисунок 4);
- 4) этап подачи полного давления во включаемую ФМ.

Таким образом, за счет комбинаций этапа определения момента сопротивления и этапа управления скоростью с различными средствами реализации можно по-разному организовать процесс переключения передач.

Литература

1. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов. М.: Машиностроение, 2009. – 752 с.
2. Трансмиссии тракторов / К.Я. Львовский, Ф.А. Черпак, И.Н. Серебряков, Н.А. Щельцын. – М.: Машиностроение, 1976. – 280 с.
3. Работа сцепления в коробке передач при переключении передач без разрыва потока мощности от двигателя / В.М. Шарипов, М.И. Дмитриев, А.С. Зенин, Я.В. Савкин// Справочник. Инженерный журнал, 2010, №11. – С. 8-15.
4. Переключение передач в КП трактора без разрыва потока мощности / В.М. Шарипов, К.И. Городецкий, М.И. Дмитриев и др. Тракторы и сельхозмашины, 2012, № 5. – С. 19-23.
5. Математическая модель процесса переключения передач в коробке передач трактора с помощью фрикционных муфт / В.М. Шарипов, К.И. Городецкий, М.И. Дмитриев и др.// Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. – М., МГТУ «МАМИ», № 1 (13), 2012. - С. 112-121.
6. Шарипов В.М., Дмитриев М.И., Крючков В.А. Нагруженность фрикционных муфт и синхронизаторов в коробке передач. Методы расчета параметров буксования фрикционных муфт и выравнивающего элемента синхронизаторов при переключении передач. - Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 122 с.
7. Шарипов В.М., Дмитриев М.И., Зенин А.С. Математическая модель процесса переключения передач в коробке передач трактора // Наука и образование: электронное научно-техническое издание, 2014. № 5. – С. 50-69.
8. Рабочий процесс разгона тракторного агрегата и переключения передач с подключением фрикционных муфт / К.И. Городецкий, Е.М. Алендеев, А.А. Тимофиевский и др. // Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. Серия 1. Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели. – М.: МГТУ «МАМИ», № 2(16), 2013, т. 1. – С. 33-38.
9. Patent №5467854. US. Method of controlling clutch-to-clutch shifts for powershift transmission/ Todd D. Creger, Randall M. Mitchell, Alan L. Stahl, James R. Talbott. 1995.
10. Patent № 6254509 B1. US. Engine throttle control for improved shifting/ Duane Fredrick Meyer. 2001.
11. Patent № 6193630. US. Slip-based shift control system/ Clayton George Janasek, Richard Marvin Sparks. 2001.