

БОРТОВОЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИВОДА УПРАВЛЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЕМ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Ю. Д. КАРПИЕВИЧ, В. В. МИХАЛКОВ

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, 220012, e-mail: karpievicharseni@gmail.com; viktor-mihalkov@mail.ru

А. Н. КАРТАШЕВИЧ

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: kartashevich@yandex.ru

П. Ю. МАЛЫШКИН

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь, 220102

(Поступила в редакцию 20.01.2026)

Главной задачей, которая стоит перед предприятиями автотракторостроения в Республике Беларусь, является производство конкурентоспособной и надежной техники, которая поставляется не только на внутренний рынок, но и на рынки дальнего и ближнего зарубежья. Решению этих задач способствует внедрение в конструкцию различных микропроцессорных систем, позволяющих поднять показатели его эффективности на качественно новый уровень. Наиболее перспективным направлением электронизации является бортовое диагностирование. Изучение данного вопроса, анализ эксплуатации, технического обслуживания и проведенных ранее ремонтных воздействий привели к углубленному исследованию и бортовому мониторингу технического состояния привода управления сцеплением автотракторной техники, так как планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта исчерпала себя.

В этой связи актуальной является задача обеспечения диагностирования микропроцессорных систем управления за счет использования технических средств последних. Идентичность функциональных структур микропроцессорных систем управления и диагностирования позволяет за счет совместного использования общей аппаратуры (датчиков, исполнительных механизмов, микро-ЭВМ) обеспечить непрерывный контроль системы и объекта управления без использования каких-либо специализированных технических средств и тем самым избежать необоснованного усложнения конструкции автотракторной техники и необходимости разработки дополнительного диагностического оборудования.

Необходимость создания подобных систем вызвана тем, что у большинства автомобилей и тракторов при проведении диагностических работ отмечаются значительные отклонения параметров, характеризующих их техническое состояние до проведения диагностических работ, то есть они эксплуатируются в ряде случаев при недопустимых или критических режимах, что отрицательно сказывается на работоспособности узлов и агрегатов, безопасности движения, экономических, экологических и других показателях. Часть техники, находящейся в исправном состоянии, в соответствии с графиком проведения регламентных работ подвергается преждевременному диагностированию или техническому обслуживанию, т. е. очевидны необоснованные трудовые и материальные затраты. В связи с этим в последние годы все ведущие фирмы, производящие современные тракторы и автомобили, приступили к созданию бортовых систем мониторинга, что является в настоящее время весьма актуальным.

Бортовая диагностика, как элемент конструкции, позволяет перейти к техническому обслуживанию по фактической потребности и за счет этого исключить необоснованные материальные и трудовые затраты при преждевременном обслуживании привода управления сцеплением.

В статье разработаны методы бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением автотракторной техники.

Ключевые слова: бортовой мониторинг, работа трения, интегральный показатель, микропроцессорные системы, техническое обслуживание, ремонт.

The main challenge facing automobile and tractor manufacturing enterprises in the Republic of Belarus is the production of competitive and reliable equipment for sale not only to the domestic market, but also to neighboring and foreign markets. The implementation of various microprocessor-based systems, which allow for a qualitatively new level of efficiency, facilitates the solution of these problems. On-board diagnostics is the most promising area of electronization. A study of this issue, along with an analysis of operation, maintenance, and previous repairs, led to an in-depth investigation and on-board monitoring of the technical condition of the clutch control drive of automotive and tractor equipment, as the planned preventive maintenance and repair system had exhausted its potential.

In this regard, the task of ensuring diagnostics of microprocessor control systems through the use of their technical means is urgent. The identical functional structures of microprocessor control and diagnostic systems allow, through the shared use of common hardware (sensors, actuators, microcomputers), continuous monitoring of the system and the controlled object without the use of any specialized technical means, thereby avoiding unnecessary complication of the automotive and tractor equipment design and the need to develop additional diagnostic equipment. The need to develop such systems arises from the fact that most vehicles and tractors, when undergoing diagnostic work, show significant deviations in the parameters characterizing their technical condition prior

to the diagnostics. This means they are sometimes operated under unacceptable or critical conditions, which negatively impacts the performance of components and assemblies, traffic safety, economic, environmental, and other indicators. Some equipment, although in good condition, is subject to premature diagnostics or maintenance according to the scheduled maintenance schedule, resulting in unnecessary labor and material costs. Therefore, in recent years, all leading manufacturers of modern tractors and vehicles have begun developing on-board monitoring systems, which is currently highly relevant.

On-board diagnostics, as a design element, allows for maintenance to be performed based on actual need, thereby eliminating unnecessary material and labor costs associated with premature clutch control drive maintenance. This article develops methods for on-board monitoring of the technical condition of the clutch control drive of automotive and tractor equipment.

Key words: on-board monitoring, friction performance, integral indicator, microprocessor systems, maintenance, repair.

Введение

В условиях рыночных отношений одной из основных задач, стоящих перед автомобилетракторостроителями, является повышение технического уровня, надежности и конкурентоспособности выпускаемой техники [1, 2].

Отметим, что получивший наибольшее практическое распространение на автотранспорте регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния агрегатов, и в частности привода управления сцеплением, так как не учитывает индивидуальные особенности каждого трактора или автомобиля, условия его эксплуатации, технического обслуживания и проведенных ранее ремонтных работ [3–5].

Наиболее перспективным направлением электронизации является бортовое диагностирование, обеспечивающее высокую безопасность эксплуатации, упрощение процедуры и уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт [6].

Предполагается, что внедрение бортовых диагностических систем позволит снизить стоимость технического обслуживания и ремонта в несколько раз [7].

Сложность задачи мониторинга технического состояния привода управления сцеплением заключается в отсутствии методов диагностирования [8].

Одним из путей решения этой проблемы является разработка методов бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением, позволяющих перейти к техническому обслуживанию по фактической необходимости, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации неисправного трактора или автомобиля, а с другой – необоснованные простои, материальные и трудовые затраты [9; 10; 11].

Данная статья посвящена контролю за техническим состоянием привода управления сцеплением автотракторной техники, что делает исследование востребованным и актуальным.

Цель – разработка методов бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением.

Основная часть

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования технического состояния привода управления сцеплением.

Среди неисправностей привода управления сцеплением можно выделить следующие [12]:

- увеличенный свободный ход муфты выключения сцепления;
- уменьшенный свободный ход муфты выключения сцепления.

Структурная схема системы бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением представлена на рис. 1.

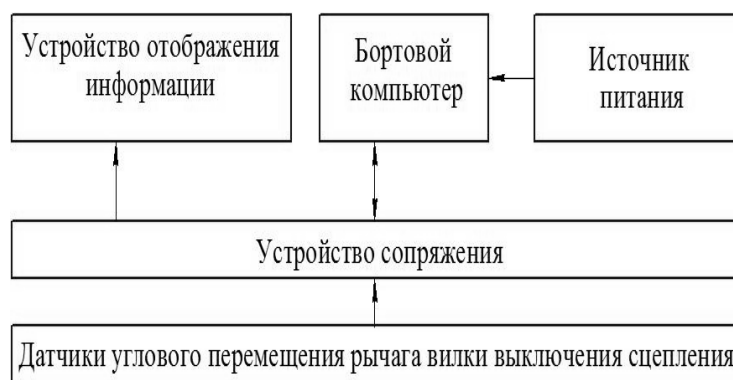


Рис. 1. Структурная схема системы бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением

В основу методов диагностирования привода положен характер изменения положения рычага вилки выключения сцепления в процессе управления сцеплением.

Для получения информации о положении рычага вилки выключения сцепления используется датчик углового перемещения 19 (рис. 2).

Применение аналогового датчика позволит повысить общий уровень контролепригодности привода управления сцеплением [13].

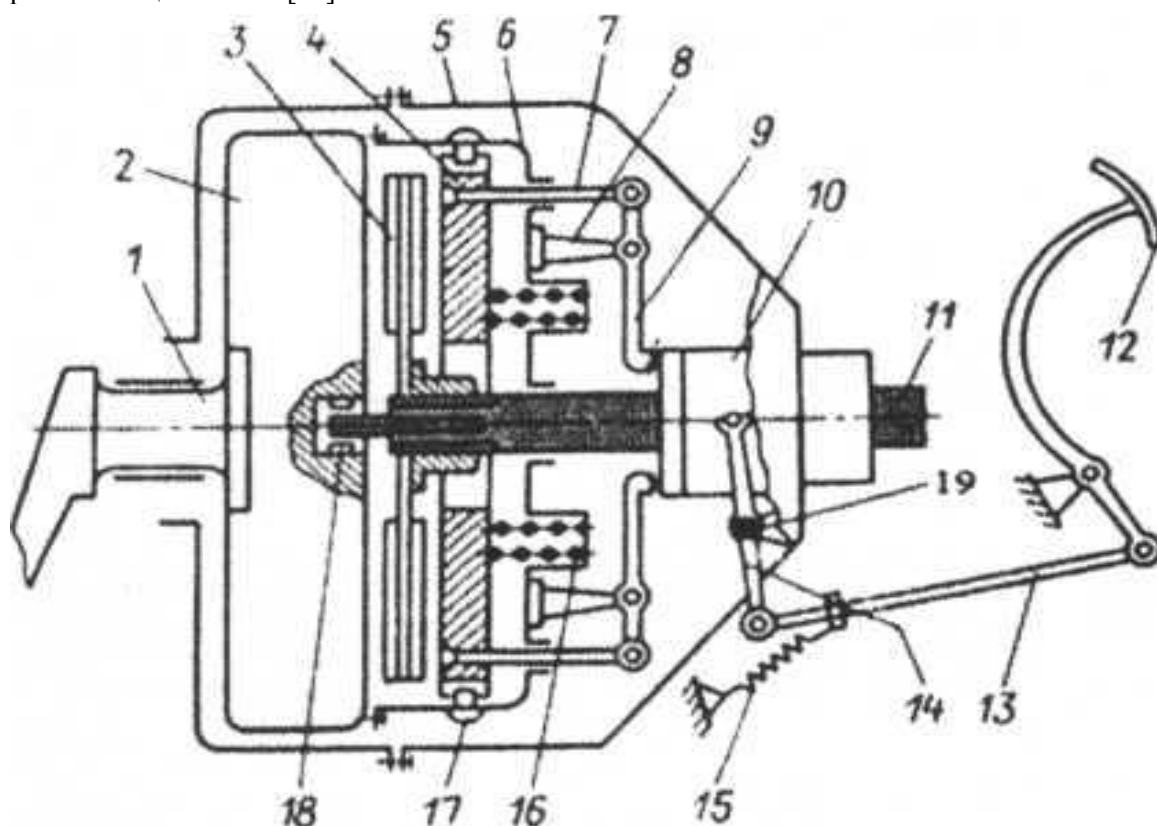


Рис. 2. Привод управления сцеплением:

- 1 – коленчатый вал; 2 – маховик; 3 – ведомый диск с фрикционными накладками; 4 – нажимной диск;
 5 – картер сцепления; 6 – кожух сцепления; 7 – оттяжной палец; 8 – опора оттяжного рычага; 9 – оттяжной рычаг;
 10 – муфта выключения сцепления; 11 – первичный вал коробки передач; 12 – педаль; 13 – тяга; 14 – вилка выключения;
 15 – оттяжная пружина; 16 – нажимная пружина; 17 – направляющий палец; 18 – роликподшипник;
 19 – датчик углового перемещения

При определении положения рычага вилки 14 выключения сцепления целесообразно пользоваться не абсолютным, а относительным значением информационного сигнала. Это связано с тем, что в процессе износа накладок ведомого диска сцепления 3 постоянно изменяется начальное положение подвижной части датчика углового перемещения 19, а следовательно, и значение информационного сигнала на его выходе. В результате изменения начальной настройки датчика используемые в методике пороговые значения положения рычага вилки выключения сцепления могут стать причиной постановки системой ошибочного диагноза. Поэтому было введено понятие коэффициента полноты выключения сцепления, позволяющего избежать вышеназванного недостатка.

Под коэффициентом полноты выключения сцепления понимается выражение:

$$K_{\text{сц}}(\alpha) = \left| \frac{R_{\text{сц}}(t) - R_{\text{сц}}(\alpha_0)}{R_{\text{сц}}(\alpha_{\text{вс}}) - R_{\text{сц}}(\alpha_0)} \right|; \quad 0 \leq K_{\text{сц}}(\alpha) \leq 1 \quad (1)$$

где $R_{\text{сц}}(t)$ – мгновенное положение рычага вилки выключения сцепления; $R_{\text{сц}}(\alpha_0)$ – положение рычага вилки выключения сцепления при полностью включенном сцеплении; $R_{\text{сц}}(\alpha_{\text{вс}})$ – положение рычага вилки выключения сцепления при полностью выключенном сцеплении.

Методы диагностирования привода управления сцеплением разрабатывались применительно к режиму трогания автомобиля с места с переключением передач, позволяющий проводить проверку привода при его управлении водителем.

В качестве примера рассмотрим бортовой мониторинг привода управления сцеплением при трогании автомобиля с места.

Процедура бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением автомобиля заключается в следующем.

В ходе диагностирования микропроцессорная система реализует некоторый алгоритм рис. 3, представляющий собой опрос датчиков углового перемещения рычага вилки выключения сцепления и сравнение полученных значений информационных сигналов с константами технически исправного привода управления сцеплением, занесенными в память бортового компьютера, а также правил последовательности выполнения и анализ этих проверок. Если в результате обработки полученной информации K -й элемент оказывается неисправным, то признаку неисправности ПН(m) присваивается необходимое значение и формируется соответствующее диагностическое сообщение.

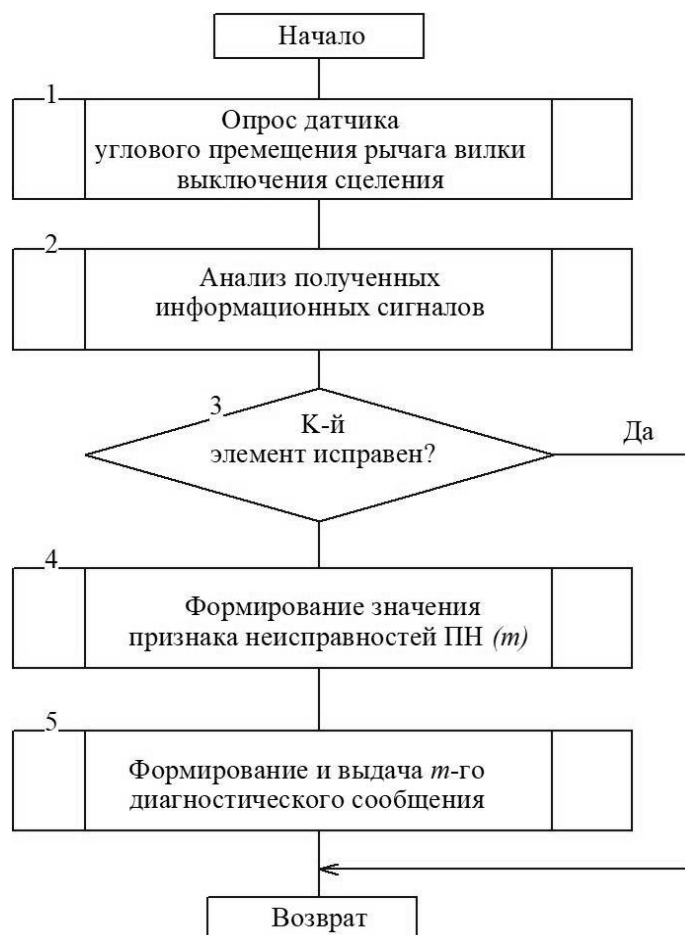


Рис. 3. Укрупненная блок-схема алгоритма бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением автомобиля

Бортовой мониторинг привода управления сцеплением начинается с проверки системы уравнений:

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha) &= 0 \\ K'_{\text{сц}}(\alpha) &= 0 \\ R_{\text{сц},\min} &\leq R_{\text{сц}}(\alpha) \leq R_{\text{сц},\max} \end{aligned} \right\}; \quad (2)$$

где $K_{\text{сц}}(\alpha)$ – скорость изменения коэффициента полноты выключения сцепления; $R_{\text{сц},\min}$, $R_{\text{сц},\max}$ – соответственно нижний и верхний пределы диапазона измерения датчика положения рычага сцепления; $R_{\text{сц}}(\alpha)$ – угловое перемещение рычага вилки выключения сцепления.

Если какое-либо из условий выражения (2) не выполняется, то проводится локализация неисправности датчика углового перемещения педали сцепления, предусматривающая следующие проверки:

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha) < K_{\text{сц},\text{min}} \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{min}} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Сигнал от датчика положения рычага вилки выключения сцепления меньше допустимого нижнего предела диапазона измерения»;

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha) > K_{\text{сц},\text{max}} \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц}}(\alpha) > R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Сигнал от датчика положения рычага вилки выключения сцепления больше допустимого верхнего предела диапазона измерения».

Выполнение вышеописанных проверок проводится до тех пор, пока водитель не нажмет педаль управления сцеплением и не произойдет трогание рычага вилки выключения сцепления с места. В этом случае состояние привода управления сцеплением может быть описано системой:

$$\left. \begin{aligned} 0 < K_{\text{сц}}(\alpha) < K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх}}) \\ K_{\text{сц}}(\alpha) > 0 \\ R_{\text{сц},\text{min}} < R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

которая после завершения выборки свободного хода и зазоров в сопряжениях привода преобразуется в вид:

$$\left. \begin{aligned} 0 < K_{\text{сц}}(\alpha) < 1 \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц},\text{min}} < R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где $K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх}})$ – коэффициент полноты выключения сцепления при выбранной величине свободного хода муфты выключения сцеплением.

На данном этапе диагностирования проводится контроль свободного хода муфты выключения сцепления, для чего предусмотрена проверка:

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{min}}) \leq K_{\text{сц}}(\alpha) \leq K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{max}}) \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц},\text{min}} < R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где $K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{min}})$, $K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{max}})$ – соответственно коэффициенты полноты выключения сцепления при минимально и максимально допустимой величине свободного хода муфты выключения сцепления.

Если условие (7) не выполняется, то проводится локализация неисправности, которая сводится к проведению следующих проверок:

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha) > K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{max}}) \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц},\text{min}} < R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Увеличенный свободный ход муфты выключения сцепления»;

$$\left. \begin{aligned} K_{\text{сц}}(\alpha) < K_{\text{сц}}(\alpha_{\text{сх},\text{min}}) \\ K_{\text{сц}}(\alpha) = 0 \\ R_{\text{сц},\text{min}} < R_{\text{сц}}(\alpha) < R_{\text{сц},\text{max}} \end{aligned} \right\}, \quad (9)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Уменьшенный свободный ход муфты выключения сцепления».

Отличительной особенностью разработанных методов является то, что они позволяют без каких-либо специальных внешних технических средств выявлять наиболее распространенные неисправности привода управления сцеплением.

Заключение

Разработаны методы бортового мониторинга технического состояния привода управления сцеплением.

Предложенный в статье коэффициент полноты выключения сцепления позволит исключить влияние точности настройки датчика углового перемещения рычага вилки выключения сцепления на достоверность результатов диагностирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грузовые автомобили / М. С. Высоцкий, Ю. Ю. Беленький, Л. Х. Гилелес [и др.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
2. Карпиевич, Ю. Д. Теоретические основы создания систем бортового диагностирования тормозов автомобилей: дис. ... д-ра техн. наук / Ю. Д. Карпиевич. – Минск, 2004. – 310 л.
3. Технические средства диагностирования: справочник / В. В. Ключев [и др.]; под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
4. Волков, А. А. О методах идентификации и диагностики в сложных системах / А. А. Волков, Л. Н. Дроботенко // Вопросы технической диагностики. – 2013. – №10. – С. 155–156.
5. Каба, И. В. Диагностирование авиационных газотурбинных двигателей / И. В. Каба. – М.: Транспорт, 1980. – 247 с.
6. Захаров, В. Н. Современная информационная технология в системе управления / В. Н. Захаров // Изв. Академии наук. Теория и системы управления. – 2000. – №1. – С. 70–78.
7. Шувалов, Е. А. Повышение работоспособности трансмиссий тракторов / Е. А. Шувалов. – Л.: Машиностроение, 1986. – 126 с.
8. Гаскаров, Д. В. Интеллектуальные информационные системы / Д. В. Гаскаров. – М.: Высш. шк., 2003. – 431 с.
9. Мороз, С. М. Математическая модель объекта бортового контроля и диагностики автомобилей / С. М. Мороз. – Тр. МАДИ, 1996. – Вып. 115. – С. 79–81.
10. Лукин, П. П. Конструирование и расчет автомобиля: учебник для студентов по специальности «Автомобили и тракторы» / П. П. Лукин, Г. А. Гаспаряну, В. Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
11. Основы надежности системы водитель-автомобиль-дорога-среда / Р. В. Ротенберг [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
12. Шило, И. Н. Конструкция тракторов и автомобилей: пособие / И. Н. Шило, А. И. Бобровник, В. Е. Тарасенко, В. Г. Левков. – Минск: БГАТУ, 2012. – 816 с.
13. Маханьков, О. А. Разработка методов диагностирования микропроцессорной системы автоматического управления механической трансмиссией: дис. ... к-та техн. наук / О. А. Маханьков. – Минск, 1992. – 278 л.