

БОРТОВОЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»

Ю. Д. КАРПИЕВИЧ

УО «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: irinabondarencо1980@mail.ru

(Поступила в редакцию 10.11.2020)

Основной задачей, которая стоит перед предприятиями автомобиле- и тракторостроения 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 трактора различных микропроцессорных систем, позволяющих поднять показатели его эффективности на качественно новый уровень. Наиболее перспективным направлением электронизации трактора является его бортовое диагностирование. Изучение данного вопроса, анализ эксплуатации, технического обслуживания и проведенных ранее ремонтных воздействий привели к углубленному исследованию и разработке бортовых систем на современной автотракторной технике.

При разработке бортовых систем диагностирования стояла задача выявления внезапных и не систематических отказов, обеспечения безопасности при эксплуатации технически исправного трактора. Бортовая диагностика, как элемент конструкции колесного трактора позволит перейти к их техническому обслуживанию по фактической необходимости. С повышением энергонасыщенности тракторов и рабочих скоростей тракторных агрегатов интенсифицируются рабочие процессы во фрикционных муфтах, возрастает динамическая нагруженность элементов механических трансмиссий, работа и мощность трения их фрикционных муфт при разгоне тракторных агрегатов и переключении передач. Фрикционные диски гидродожимных муфт коробки передач необходимы для передачи крутящего момента за счет сил трения.

В статье разработаны методики бортового диагностирования технического состояния сцепления.

Ключевые слова: мониторинг, бортовая диагностика, сцепление, работа буксования, коэффициент трения, температура, скорость скольжения, фрикционный элемент.

The main task facing the automobile and tractor industry enterprises in the Republic of Belarus is the production of competitive and reliable equipment, which is supplied not only to the domestic market, but also to the markets of far and near abroad. The solution of these problems is facilitated by the introduction of various microprocessor systems into the design of the tractor, which make it possible to raise the indicators of its efficiency to a qualitatively new level. The most promising direction of tractor electronization is its on-board diagnostics. The study of this issue, analysis of operation, maintenance and previous repair actions led to an in-depth study and development of on-board systems on modern automotive equipment.

When developing on-board diagnostic systems, the task was to identify sudden and non-systematic failures, to ensure safety during operation of a technically sound tractor. On-board diagnostics, as an element of the construction of a wheeled tractor, will allow you to proceed to its maintenance as required. With an increase in the energy supply of tractors and the operating speeds of tractor units, the working processes in the friction clutches are intensified, there is an increase in the dynamic loading of elements of mechanical transmissions, the work and friction power of their friction clutches during acceleration of tractor units and gear shifting. The friction discs of the gearbox hydraulic clutches are required to transmit torque through frictional forces.

The article developed methods of on-board diagnostics of the technical condition of the clutch.

Key words: monitoring, on-board diagnostics, clutch, slipping work, coefficient of friction, temperature, sliding speed, friction element.

Введение

Процессы трения и износа фрикционных сцеплений носят ярко выраженный нестационарный характер. Для того чтобы дать оценку надежности и долговечности пар трений, на сегодняшний день недостаточны даже весьма важные, показатели, такие, как нагрузка на фрикционной поверхности, скорость скольжения и температура. В данном случае необходимы обобщающие, комплексные или интегральные показатели, которыми являются работа буксования и мощность трения фрикционных сцеплений.

Во включенном состоянии фрикционного сцепления его ведущие и ведомые части вращаются как одно целое, передовая мощность и крутящий момент от двигателя на трансмиссию. Но так как в это время нет относительного скольжения ведомых и ведущих частей, то нет изнашивания и нагрева поверхностей трения. Эти явления происходят во время включения (буксования) фрикционного сцепления, при трогании трактора с места или изменении скорости с переключением передач. Работа фрикционного сцепления в процессе включения и буксования происходит при высоких скоростях, статических и динамических нагрузках и сопровождается интенсивным тепловыделением.

Цель исследований – повышение эффективности бортового диагностирования на основе микропроцессорной системы технического состояния трактора путем контроля ресурса сцепления.

Основная часть

Бортовое диагностирование технического состояния колесного трактора – один из важных элементов его технического обслуживания, ремонта и выявления неисправностей [1–5].

Общая структурная схема микропроцессорной системы бортового диагностирования технического состояния сцепления показана на рис. 1. Данная схема представляет собой составную часть (модуль) комплексной управляющей, диагностической и информационной системы колесных тракторов [6, 7].

Суть бортового диагностирования сцепления заключается в следующем.

При полностью включенном сцеплении начинается проверка системы уравнений вида:

$$\left. \begin{aligned} R_{cy}(\alpha) &= R_{cy}(\alpha_0) \\ \omega_{\partialв} &= \omega_{cy} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где $R_{cy}(\alpha)$ – угловое перемещение рычага вилки выключения сцепления; $R_{cy}(\alpha_0)$ – положения рычага вилки выключения сцепления при полностью включенном сцеплении; $\omega_{\partialв}, \omega_{cy}$ – текущие угловые скорости коленчатого вала двигателя и ведомого диска сцепления соответственно.

Если какое-либо из условий выражения (1) не выполняется, то проводится локализация неисправностей, предусматривающая следующие проверки:

$$\left. \begin{aligned} R_{cy}(\alpha) &= R_{cy}(\alpha_0) \\ \omega_{\partialв} &> \omega_{cy} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Пробуксовка сцепления в тяговом режиме двигателя»;

$$\left. \begin{aligned} R_{cy}(\alpha) &= R_{cy}(\alpha_0) \\ \omega_{\partialв} &< \omega_{cy} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Пробуксовка сцепления в режиме торможения двигателем».

В данной статье представлен к рассмотрению новый метод бортового диагностирования степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных накладок ведомого диска сцепления [8, 9].

Предлагаемый метод диагностирования, защищенный при участии автора двумя патентами на изобретение [10, 11], основан на непосредственном измерении толщины накладок при частичной разборке узла. Процессы трения и износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления носят ярко выраженный нестационарный характер. Здесь необходимы обобщающие, комплексные показатели, одним из которых является работа трения [12, 13].

На рис. 1 показан измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, в данной статье он рекомендован в качестве одного из вариантов устройства для измерения крутящего момента двигателя при проектировании колесных тракторов [10, 11].

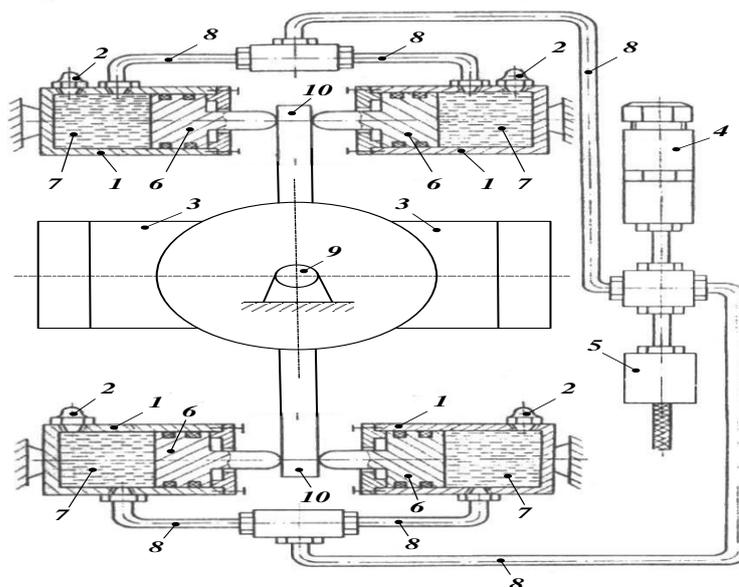


Рис. 1. Измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания (патент № 10355; 21037):

1 – гидравлические цилиндры; 2 – перепускные клапаны; 3 – блок – картера; 4 – обратный клапан; 5 – датчик давления; 6 – шток – поршни; 7 – рабочее тело в виде жидкости; 8 – трубопроводы; 9 – опора; 10 – рычаги

Схема-измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания состоит из гидравлического цилиндра 1, перепускного клапана 2, блок – картера 3, обратного клапана 4, шток – поршня 6, рабочее тело в виде жидкости 7, трубопроводы 8, датчик давления 5.

Рассмотрим работу измерителя крутящего момента двигателя внутреннего сгорания. При запуске двигателя внутреннего сгорания происходит включение измерителя крутящего момента, который работает от бортовой электросети колесной машины.

На всех этапах работы двигателя внутреннего сгорания бортовой компьютер трактора постоянно считывает и запоминает значения информационных сигналов от измерителя крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, в котором имеются датчик давления и значения информационных сигналов от датчиков угловой скорости коленчатого вала двигателя и ведомого диска сцепления. При включении передачи крутящий момент непосредственно передается трансмиссии, за счет этого двигатель внутреннего сгорания стремится повернуться на определенный угол относительно коробки передач, закрепленной неподвижно на раме. Рычаги 10 и блок – картер двигателя внутреннего сгорания представляют собой совместный элемент, и передают усилия на шток – поршни 6 двух гидроцилиндров 1. Замеры крутящего момента двигателя внутреннего сгорания происходят путем регистрации реактивного момента, воздействующего на блок – картер 3. Реактивный момент, возникающий на блок-картере двигателя внутреннего сгорания, через рычаги 10 воспринимается двумя гидравлическими цилиндрами 1, закрепленными неподвижно относительно рамы и гидравлически связанными между собой датчиком давления. Избыточное давление рабочего тела в виде жидкости 7 с помощью датчика давления 5 преобразуется в информационный сигнал.

При полном включении сцепления разность значений информационных сигналов от датчиков угловой скорости коленчатого вала двигателя и ведомого диска сцепления, взятых по модулю, равна нулю. Если это условие выполняется тогда работа трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления отсутствует.

После каждого включения и выключения, значения, которые получили при работе трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления прибавляются к сумме предыдущей полученной при включениях и выключениях сцепления.

Окончательная сумма значений работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления делится на наперед заданное числовое значение работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления, это число будет соответствовать предельно допустимому износу его фрикционных накладок, в конечном итоге это соотношение умножают на 100 %. Так определяют процент износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления.

Все это можно записать следующим образом:

$$L = \int_0^t M_k \left| (\omega_{дв} - \omega_{сц}) \right| dt ; \quad (4)$$

$$\Delta = \frac{\sum_{p=1}^n L_p}{L_0} \cdot 100\% , \quad (5)$$

где L – текущее значение работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления; t – время трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления; M_k – крутящий момент двигателя внутреннего сгорания; $\omega_{дв}$, $\omega_{сц}$ – текущие угловые скорости коленчатого вала двигателя и ведомого диска сцепления соответственно; Δ – степень износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления; $p = 1, 2, \dots, n, n$ – количество включений и выключений сцепления; L_0 – числовое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных накладок ведомого диска сцепления (определяется экспериментально).

Износ фрикционных накладок ведомого диска сцепления зависит линейно от работы трения. Из выражения (5) видно, что после каждого включения и выключения можно определить степень износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления.

На ОАО «Минский тракторный завод» разработана и внедрена, в результате проведенных исследований, программа и методика испытаний «Бортовое диагностирование степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных накладок ведомого диска муфты сцепления тракторов «БЕЛАРУС» (рег. №=16299/Б от 10.09.2014г.).

Настоящая программа и методика испытаний устанавливает объем и метод бортового диагностирования технического состояния ведомого диска сцепления колесных тракторов «Беларус» в части оценки степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных накладок, используя при этом работу трения как интегральный показатель.

Диагностирование температурного режима сцепления начинается с проверки выражения

$$T_{сц} = T_{сц.ном} , \quad (6)$$

где $T_{сц}$ – текущее значение информационного сигнала температурного режима сцепления;

$T_{сц.ном}$ – значение информационного сигнала, соответствующего номинальному температурному режиму сцепления.

Если выражение (3.13) не выполняется, то проводится локализация неисправности, предусматривающая следующую проверку, выполнение которой свидетельствует о неисправности типа «Перегрев сцепления».

$$T_{сц} > T_{сц.ном} , \quad (7)$$

Заключение

Разработаны методы бортового диагностирования технического состояния сцепления. Представленный метод диагностирования, защищенный при участии автора двумя патентами на изобретение, основан на непосредственном измерении толщины накладок при частичной разборке узла, что позволяет оперативно, в реальных условиях эксплуатации колесного трактора, определять остаточный ресурс фрикционных накладок. Это позволит прогнозировать время замены фрикционных накладок, что скажется на техническом обслуживании, который необходим по фактической потребности.

Это приведет, с одной стороны, к возможности эксплуатации технически неисправного колесного трактора, а с другой, необоснованные материальные и трудовые затраты при его преждевременном обслуживании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Технические средства диагностирования : справочник / В. В. Ключев [и др.]; под общ.ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1989. – 672 с.
2. Каба, И. В. Диагностика авиационных газотурбинных двигателей / И. В. Каба. – М.: Транспорт, 1980. – 247 с.
3. 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.
4. Павлов, Б. В. Кибернетические методы технического диагноза / Б. В. Павлов. – М.: Машиностроение, 1986. – 151 с.
5. Мороз, С. М. Математическая модель объекта бортового контроля и диагностики автомобилей / С. М. Мороз. – Тр. МАДИ, 1976. – Вып. 115. – С. 79–81.
6. Карпиевич, Ю. Д. Теоретические основы создания систем бортового диагностирования тормозов автомобилей: дис...д-ра техн. наук / Ю. Д. Карпиевич. – Минск, 2004. – 310 л.
7. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда / Р. В. Ротенберг [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
8. Карпиевич, Ю. Д. Микропроцессорная система бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления / Ю. Д. Карпиевич // Вестник БНТУ. – 2007. – № 6. – С. 76–78.
9. Работа трения как интегральный показатель степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления колесных и гусеничных машин / Ю. Д. Карпиевич [и др.] // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: БГАТУ, 2013. – Ч. 2. – С. 125–128.
10. Устройство прогнозирования степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных накладок ведомого диска сцепления колесных и гусеничных машин: пат. 10355Респ. Беларусь: МПК В 60 Т 17/22/ G 01 М 17/00 / Ю. Д. Карпиевич, Н. Г. Мальцев, Ю. М. Жуковский, И. И. Бондаренко; дата публ.: 30.10.2014.
11. Измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания колесной и гусеничной машины и способ определения процента износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления колесных и гусеничных машин: пат. 21037Респ. Беларусь: МПК В 60 Т 17/22/ F 16 D 66/02/ Ю. Д. Карпиевич, Н. Г. Мальцев, Ю. М. Жуковский, И. И. Бондаренко; дата публ.: 26.01.2017.
12. Лукин, П. П. Конструирование и расчет автомобиля: учебник для студентов по специальности «Автомобили и тракторы» / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.
13. Сцепление транспортных и тяговых машин / И. Б. Барский, С. Г. Борисов, В. А. Галягин; под общ.ред. Ф. Р. Геккера. – М.: Машиностроение, 1989. – 344 с.