

DOI: 10.21122/2227-1031-2016-15-5-427-434

УДК 629.113-592.004.58

## Бортовой мониторинг технического состояния силовых агрегатов колесных и гусеничных машин

Доктора техн. наук Ю. Д. Карпиевич<sup>1</sup>, А. Г. Баханович<sup>1</sup>, инж. И. И. Бондаренко<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь),

<sup>2</sup>Белорусский государственный аграрный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2016  
Belarusian National Technical University, 2016

**Реферат.** Рассмотрены новые методики бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления и фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач, в основу которых положен физический процесс использования работы трения как интегрального показателя. Разработана новая методика определения степени выработки ресурса моторного масла. Представлены структурные схемы бортового мониторинга технического состояния силовых агрегатов колесных и гусеничных машин. Использование работы трения как интегрального показателя при определении степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления и фрикционных дисков гидropоджимной муфты позволит оперативно, в любой период эксплуатации колесных и гусеничных машин определять их остаточный ресурс, а также прогнозировать время замены. А использование объема израсходованного топлива двигателем при определении степени выработки ресурса моторного масла предоставит возможность оперативно, в любой период эксплуатации машин рассчитать остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

**Ключевые слова:** бортовое диагностирование, диск сцепления, фрикционный диск, колесные и гусеничные машины

**Для цитирования:** Карпиевич, Ю. Д. Бортовой мониторинг технического состояния силовых агрегатов колесных и гусеничных машин / Ю. Д. Карпиевич, А. Г. Баханович, И. И. Бондаренко // *Наука и техника*. 2016. Т. 15, № 5. С. 427–434

## On-Board Monitoring of Technical State for Power Units of Wheeled and Tracked Vehicles

Yu. D. Karpievich<sup>1</sup>, A. G. Bakhanovich<sup>1</sup>, I. I. Bondarenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus),

<sup>2</sup>Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

**Abstract.** The paper considers new methodologies pertaining to on-board diagnosis of wear-out rate for friction linings of a clutch driven disk and friction discs of a hydraulic press clutch of transmission gear boxes which are based on physical process that uses friction work as an integrated indicator. A new methodology in determination of life-span rate for engine oil has been developed in the paper. The paper presents block schematic diagrams for on-board monitoring of technical state for power units of wheeled and tracked vehicles. Usage of friction work as an integrated indicator for determination of wear-out rate for friction linings of clutch driven disk and friction discs of a hydraulic press clutch makes it possible timely at any operational period of wheeled and tracked vehicles to determine their residual operation life and forecast their replacement. While taking volume of the used fuel for determination of engine oil life-span rate it permits quickly and effectively at any operational period of wheeled and tracked vehicles to determine residual useful life of the engine oil and also forecast its replacement.

**Keywords:** on-board diagnosis, clutch disk, friction disc, wheeled and tracked vehicles

**For citation:** Karpievich Yu. D., Bakhanovich A. G., Bondarenko I. I. (2016) On-Board Monitoring of Technical State for Power Units of Wheeled and Tracked Vehicles. *Science & Technique*. 15 (5), 427–434 (in Russian)

### Адрес для переписки

Карпиевич Юрий Дмитриевич  
Белорусский национальный технический университет  
ул. Я. Коласа, 12,  
220013, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел.: +375 17 292-82-05  
avto\_atf@bntu.by

### Address for correspondence

Karpievich Yuriy D.  
Belarusian National Technical University  
12 Ya. Kolasa str.,  
220013, Minsk, Republic of Belarus  
Tel.: +375 17 292-82-05  
avto\_atf@bntu.by

## Введение

В условиях рыночных отношений одной из основных задач, стоящих перед промышленностью Республики Беларусь, является повышение технического уровня, надежности и конкурентоспособности колесных и гусеничных машин. Сложившийся в прошлом столетии и получивший наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемый уровень технического состояния колесных и гусеничных машин, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации, техническое обслуживание и проведенные ранее ремонтные воздействия [1]. Внешние средства диагностирования также не позволяют своевременно выявлять внезапные отказы, что отрицательно сказывается на безопасности, а в силу планово-предупредительного или эпизодического характера контрольно-диагностических работ недостаточно эффективны при выявлении постепенных отказов.

Именно стремление снять указанные ограничения стимулировало в нашей стране и за рубежом разработку бортовых систем диагностирования колесных и гусеничных машин, которое улучшает качество и повышает надежность их агрегатов и узлов [2]. Идентичность функциональных структур микропроцессорных систем управления и бортового диагностирования позволяет за счет совместного использования общей аппаратуры (датчиков, исполнительных механизмов, микроЭВМ) обеспечить непрерывный контроль системы и объекта управления без использования каких-либо специализированных технических средств и избежать тем самым необоснованного усложнения конструкции колесных и гусеничных машин и разработки дополнительного диагностического оборудования [3].

Необходимость создания подобных систем вызвана тем, что у большинства колесных и гусеничных машин при проведении диагностических работ отмечаются значительные отклонения параметров, характеризующих их техническое состояние до проведения диагностических работ. То есть колесные и гусеничные машины эксплуатируются в ряде случаев при недопустимых или критических режимах, что отрицатель-

но сказывается на работоспособности узлов, безопасности движения, экономических, экологических и других показателях. Часть колесных и гусеничных машин, находящихся в технически исправном состоянии, в соответствии с графиком проведения регламентных работ подвергается преждевременному диагностированию или техническому обслуживанию, т. е. очевидны необоснованные трудовые и материальные затраты.

Таким образом, бортовое диагностирование технического состояния узлов и агрегатов колесных и гусеничных машин, и в частности силовых агрегатов, является весьма актуальной задачей. Оно позволит перейти к техническому обслуживанию колесных и гусеничных машин по фактической необходимости и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации неисправных колесных и гусеничных машин, а с другой – необоснованные простои, материальные и трудовые затраты, например при преждевременном техническом обслуживании.

## Методика диагностирования

Как известно, силовой агрегат состоит из сцепления, коробки передач и двигателя внутреннего сгорания. Рассмотрим новый метод бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления. Структурная схема микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления представлена на рис. 1.

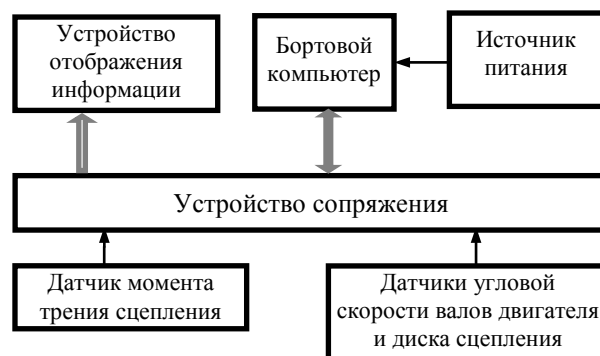


Рис. 1. Структурная схема микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления

Fig. 1. Block schematic diagram on microprocessor based system of on-board diagnosis for wear-out rate of friction linings in clutch driven disk

Ядром системы является микроЭВМ, в ПЗУ которой хранится программа диагностирования. Для связи микроЭВМ с объектом диагностирования используется устройство сопряжения, предназначенное для предварительной фильтрации входных информационных сигналов и преобразования их в стандартную для микроЭВМ форму.

Устройство отображения информации служит для индентификации степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления. Источник питания используется для обеспечения функционирования системы бортового диагностирования. Получение необходимой информации для определения степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления может производиться при помощи датчиков момента трения сцепления и угловой скорости валов двигателя и диска сцепления. Предлагаемый метод диагностирования степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления отличается от традиционных, основанных на непосредственном измерении толщины накладок [4].

Процессы трения и износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления носят ярко выраженный нестационарный характер. Это означает, что для оценки надежности и долговечности пар трения недостаточно располагать только отдельными, даже весьма важными показателями, такими как нагрузка на фрикционном контакте и скорость скольжения. Здесь необходимы обобщающие, комплексные показатели, одним из которых является работа трения  $L$  [5]:

$$L = \int_0^t M_T |(\omega_d - \omega_c)| dt; \quad (1)$$

$$\Delta = \frac{\sum_{p=1}^n L_p}{L_0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $L$  – текущие значения работы трения фрикционных накладок ведомого диска сцепления;  $\omega_d$ ,  $\omega_c$  – угловая скорость валов двигателя и диска сцепления;  $t$  – время трения сцепления;  $M_T$  – момент трения сцепления;  $\Delta$  – степень износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления;  $p = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – количество вклю-

чений и выключений сцепления;  $L_0$  – числовое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных накладок ведомого диска сцепления (определяется экспериментально).

При этом предполагается, что износ фрикционных накладок ведомого диска сцепления линейно зависит от работы трения. Из (2) видно, что степень износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления можно определить после каждого включения.

В процессе работы колесных и гусеничных машин происходит также износ фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач. С повышением энергонасыщенности колесных и гусеничных машин и рабочих скоростей тракторных агрегатов интенсифицируются рабочие процессы во фрикционных муфтах, возрастают динамическая нагруженность элементов механических трансмиссий, работа и мощность трения их фрикционных муфт при разгоне тракторных агрегатов и переключении передач. Особенности фрикционных муфт – передача крутящего момента за счет сил трения. Поскольку в период буксования муфты имеет место относительное перемещение фрикционных элементов при наличии сил трения, неизбежен износ рабочих поверхностей муфт. Износ этот тем интенсивнее, чем чаще включается муфта и больше работа трения за одно включение.

Частота включения муфты определяется размерами и микрорельефом поверхности поля, видом выполняемой работы, составом агрегата и квалификацией водителя, поэтому повлиять на уменьшение частоты включения муфты очень трудно. Что же касается численного значения работы трения за одно включение, то его можно регулировать в определенных пределах за счет выбора рационального закона включения или рационального режима работы агрегата в период включения муфты. Работа трения муфты за одно включение, в свою очередь, не остается постоянной. Она зависит от вида сельскохозяйственной операции, состава агрегата, почвенно-дорожного фона, номера включаемой передачи коробки, квалификации тракториста и др.

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач.

Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач представлена на рис. 2.

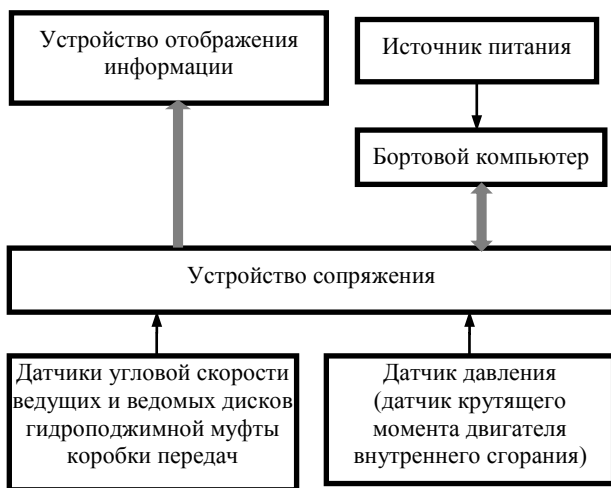


Рис. 2. Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач

Fig. 2 Block schematic diagram for on-board diagnosis of wear-out rate in friction discs of hydraulic press clutches of transmission gear boxes

Бортовой компьютер, работа которого поддерживается источником питания, постоянно проводит опрос датчиков угловой скорости ведущих и ведомых дисков гидropоджимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин и датчика давления (датчика крутящего момента двигателя внутреннего сгорания), сопоставляет полученные значения с установленными граничными условиями и принимает решение о дальнейшем функционировании системы. Для отображения информации предусмотрено специальное устройство.

Предлагаемый метод диагностирования степени износа фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач отличается от традиционных, основанных на непосредственном измерении толщины пакета фрикционных дисков. Процессы трения и износа фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач носят ярко выраженный нестационарный характер. Это означает, что для оценки надежности и долговечности пар трения недостаточно располагать только отдельными, даже весьма важными показателями, такими как нагрузка на фрикционном контакте и скорость

скольжения. Здесь необходимы обобщающие, комплексные показатели, одним из которых является работа трения [5].

Измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания колесных и гусеничных машин, который показан на рис. 3, содержит гидравлические цилиндры 1, перепускные клапаны 2, обратный клапан 4, шток-поршни 6, рабочее тело в виде жидкости 7, трубопроводы 8, датчик давления 5. Двигатель внутреннего сгорания, входящий в состав устройства прогнозирования степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков гидropоджимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин, состоит из блок-картера 3, к которому крепятся рычаги 10. Двигатель внутреннего сгорания установлен на опоре 9 и имеет возможность поворачиваться на некоторый угол относительно коробки передач, неподвижно закрепленной на раме.

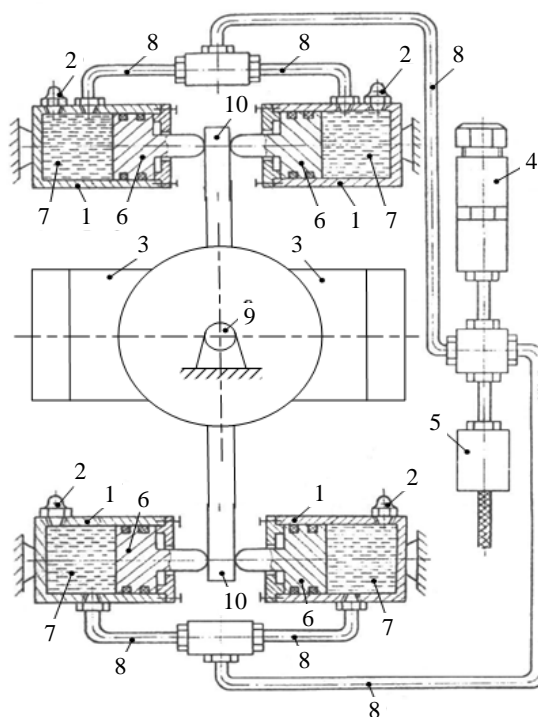


Рис. 3. Измеритель крутящего момента двигателя внутреннего сгорания

Fig. 3. Torque-measuring device of internal combustion engine

Измеритель крутящего момента включается во время запуска двигателя внутреннего сгорания и работает от бортовой электросети колесной или гусеничной машины. В процессе рабо-

ты двигателя внутреннего сгорания колесных и гусеничных машин бортовой компьютер постоянно считывает и запоминает значения информационных сигналов от измерителя крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, в котором имеется датчик давления, и значения информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач. При включенной передаче крутящий момент передается трансмиссии, а двигатель внутреннего сгорания стремится повернуться на некоторый угол относительно коробки передач, неподвижно закрепленной на раме.

Рычаги выполнены за одно целое с блок-картером двигателя внутреннего сгорания и передают усилия на шток-поршни двух гидроцилиндров. Крутящий момент двигателя внутреннего сгорания измеряется путем регистрации реактивного момента, воздействующего на блок-картер. Реактивный момент, возникающий на блок-картере двигателя внутреннего сгорания, через рычаги воспринимается двумя гидравлическими цилиндрами, закрепленными неподвижно относительно рамы колесных и гусеничных машин и гидравлически связанных между собой датчиком давления. В замкнутой гидравлической системе возникает избыточное давление, пропорциональное крутящему моменту двигателя внутреннего сгорания. Избыточное давление рабочего тела в виде жидкости с помощью датчика давления преобразуется в информационный сигнал.

Значения информационных сигналов от измерителя крутящего момента двигателя внутреннего сгорания, в котором установлен датчик давления, а также значения информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин поступают в бортовой компьютер. После этого бортовой компьютер определяет работу трения фрикционных дисков каждой гидроподжимной муфты путем интегрирования по времени произведения значений информационных сигналов от измерителя крутящего момента двигателя внутреннего сгорания на разность значений информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых дис-

ков гидроподжимной муфты коробки передач, взятых по модулю [6].

В случае полного включения гидроподжимной муфты разность значений информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач, взятых по модулю, равна нулю. Тогда работа трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты отсутствует [7].

Значения работы трения фрикционных дисков для каждой гидроподжимной муфты и после каждого включения и выключения муфты прибавляются к сумме, полученной при предыдущих включениях и выключениях муфты. Общая сумма значений работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты делится на заданное числовое значение работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных дисков гидроподжимной муфты. Затем это соотношение умножается на 100 % и определяется процент износа фрикционных дисков каждой гидроподжимной муфты колесных и гусеничных машин. Все это можно записать следующим образом:

$$L = \int_0^t M_{\tau} |\omega_g - \omega_k| dt; \quad (3)$$

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

где  $L$  – текущие значения работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты;  $\omega_g$ ,  $\omega_k$  – угловая скорость ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач соответственно;  $t$  – время трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты;  $M_{\tau}$  – крутящий момент двигателя внутреннего сгорания;  $\Delta$  – степень износа фрикционных дисков гидроподжимной муфты;  $p = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – количество включений и выключений муфты;  $L_0$  – числовое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных дисков гидроподжимной муфты (определяется экспериментально).

Основными в эксплуатации колесных и гусеничных машин считаются затраты на топли-

во, смазочные материалы и их ремонт. В процессе эксплуатации двигателей внутреннего сгорания масло подвергается количественным и качественным изменениям. Количественные изменения происходят при испарении легких масляных фракций, сгорании масла (так называемый угар), частичном вытекании через уплотнительные устройства. Качественные изменения обусловлены старением масла и химическими превращениями его компонентов, попаданием в масло пыли, продуктов изнашивания деталей, воды и несгоревшего топлива. Уменьшение количества и ухудшение качества работающего масла в условиях высокой интенсивности подобных процессов в современных высокофорсированных двигателях может в итоге привести к их отказу.

В картере работающего двигателя образуется сложная смесь исходного масла и продуктов его сгорания, от которых полностью очистить масло фильтрацией не удастся, вследствие чего количество углеродистых частиц в нем повышается. Выделяют две основные группы примесей, загрязняющих масло: органические (попадающие в масло из камеры сгорания продукты неполного сгорания топлива, соединения серы и свинца, продукты термического разложения, окисления и полимеризации масла) и неорганические (частицы пыли и продуктов износа деталей, продукты срабатывания зольных присадок в маслах, оставшиеся в двигателе после его изготовления технологические загрязнения). Свежее масло также содержит загрязняющие примеси, поступающие извне при его изготовлении, транспортировании, хранении и заправке.

На интенсивность процесса загрязнения масла, происходящего в работающем двигателе, влияют прежде всего вид и свойства топлива, качество моторного масла, тип, конструкция, техническое состояние, режим работы и условия эксплуатации двигателя и многие другие факторы. Так, при снижении полноты сгорания топлива и величины прорыва газов в картер масло загрязняется в основном органическими примесями. Образование в масле загрязняющих примесей может приостановиться в результате долива свежего масла, выпадения загрязняющих частиц в осадок, удержания их фильтрами.

Качество масел ухудшается в результате накопления в них продуктов неполного сгорания топлива, что обусловлено техническим состоянием двигателя. Это приводит к снижению вязкости, ухудшению смазывающей способности, нарушениям режима жидкого трения. В продуктах сгорания имеется большое количество коррозионно-активных окислов. Вследствие этого ускоряется образование продуктов окисления, находящихся в масле как в растворенном, так и во взвешенном состоянии. На изменение свойств масел существенное влияние оказывают температурный режим и техническое состояние двигателя.

Скорость окисления и загрязнения значительно выше при работе масел в изношенных двигателях, когда увеличен прорыв газов в картер и повышена температура двигателей, а также при работе двигателя с перегрузкой или в неустановившемся режиме. Скорость срабатывания введенных в масло присадок зависит от теплового режима деталей двигателя, его технического состояния, условий эксплуатации, качества используемого топлива. Срабатывание присадок приводит к изменению многих показателей качества масла: снижению щелочного числа, ухудшению моющих свойств, повышению коррозионности и т. д.

Таким образом, при работе двигателя в масле происходят значительные изменения: накапливаются продукты превращения углеводородов масла, загрязнения, попавшие с воздухом и топливом, увеличивается количество агрессивных соединений. Срок службы моторных масел до замены определяется не только пробегом автомобиля или наработкой трактора, но и временем, в течение которого совершена эта работа. При коротких суточных и малом годовом пробеге автомобиля ускоряются коррозионные процессы, старение масла, ухудшаются его защитные свойства. Поэтому в любом случае необходима замена масла не реже одного раза в год. Для установления сроков службы масла в двигателях применяют так называемые браковочные показатели, при достижении которых масло следует заменить. Браковочными показателями служат изменение вязкости, температуры вспышки, щелочности, содержание загрязняющих примесей, воды и топлива, значение диспергирующих свойств и др. Но опре-

деление браковочных показателей требует специального дорогостоящего лабораторного оборудования.

Рассмотрим новый метод бортового мониторинга выработки ресурса моторного масла. Структурная схема системы бортового мониторинга выработки ресурса моторного масла представлена на рис. 4.

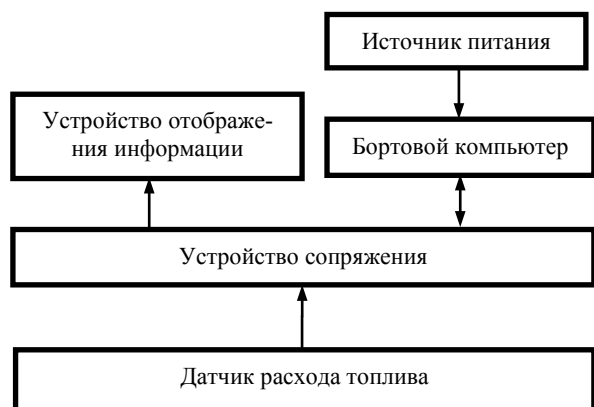


Рис. 4. Структурная схема системы бортового мониторинга выработки ресурса моторного масла

Fig. 4. Block schematic diagram for on-board monitoring of engine oil life-span rate

Предлагаемый метод бортового мониторинга выработки ресурса моторного масла отличается от традиционного, основанного на моточасах работы двигателя [8, 9]. Степень выработки ресурса моторного масла определяется по следующей формуле:

$$\Delta = \frac{\sum_{p=1}^n V_p}{V_0} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

где  $V$  – объем израсходованного топлива за цикл «запуск – работа – остановка двигателя»;  $p = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – количество циклов;  $V_0$  – объем израсходованного топлива, соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла.

Объем израсходованного топлива, соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла, можно рассчитать

$$V_0 = \frac{G_t t}{\rho}, \quad (5)$$

где  $G_t$  – часовой расход топлива;  $t$  – периодичность замены масла в моточасах работы двига-

теля, установленная заводом-изготовителем;  $\rho$  – плотность топлива.

Часовой расход топлива определяется по формуле

$$G_t = \frac{g_e N_e}{10^3}, \quad (6)$$

где  $g_e$  – эффективный удельный расход топлива;  $N_e$  – эффективная мощность.

Величина эффективного удельного расхода топлива и эффективная мощность оговариваются в техническом паспорте двигателя. Из (4) видно, что степень выработки ресурса моторного масла можно определить после каждой остановки двигателя.

## ВЫВОДЫ

1. Использование работы трения как интегрального показателя при определении степени износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления и фрикционных дисков гидropоджимной муфты позволит оперативно, в любой период эксплуатации колесных и гусеничных машин определять их остаточный ресурс, а также прогнозировать время замены.

2. Использование объема израсходованного топлива двигателем при определении степени выработки ресурса моторного масла предоставит возможность оперативно, в любой период эксплуатации машин рассчитать остаточный ресурс моторного масла, а также прогнозировать время его замены.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство прогнозирования степени износа и величины остаточного ресурса тормозных накладок каждого колеса транспортных и тяговых машин: пат. 9122 Респ. Беларусь: МПК В60 Т17/22, G01M17/00 / Ю. Д. Карпиевич, В. Е. Тарасенко, Н. Н. Романюк; дата публ.: 03.01.2013.
2. Опанович, В. А. Технология диагностирования машин / В. А. Опанович, Ю. Д. Карпиевич // Наука и техника. 2012. № 2. С. 45–52.
3. Лукин, П. П. Конструирование и расчет автомобиля / П. П. Лукин, Г. А. Гаспарянц, В. Ф. Родионов. М.: Машиностроение, 1984. 376 с.
4. 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: мате-

- риалы Междунар. науч.-практ. конф. Минск: БГАТУ, 2013. Ч. 2. С. 125–128.
5. Сцепления транспортных и тяговых машин / И. Б. Барский [и др.]; под ред. Ф. Р. Геккера [и др.]. М.: Машиностроение, 1989. 344 с.
  6. Карпиевич, Ю. Д. Работа трения как интегральный показатель степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач / Ю. Д. Карпиевич, В. Б. Ловкис, И. И. Бондаренко // Наука и техника. 2014. № 2. С. 32–35.
  7. Метод диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин / Ю. Д. Карпиевич [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. ведущим ученым БГАТУ, создателям науч. школы по автотракторостроению Д. А. Чудакову и В. А. Скотникову. Минск: БГАТУ, 2013. С. 66–70.
  8. Способ определения времени работы двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления: пат. ЕА 012556 В1: МПК G01M 15/05, G07C 5/00, G07C 5/10 / А. Р. Каплунский; дата публ.: 30.10.2009.
  9. Мальцев, Н. Г. Современные методы контроля расхода топлива и их применение для мониторинга режимов работы автотракторной техники / Н. Г. Мальцев, Ю. Д. Карпиевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. ведущим ученым БГАТУ, создателям науч. школы по автотракторостроению Д. А. Чудакову и В. А. Скотникову. Минск: БГАТУ, 2013. С. 35–39.
- Поступила 16.02.2016  
Подписана в печать 19.04.2016  
Опубликована онлайн 26.09.2016
- REFERENCES
1. Karpievich Yu. D., Tarasenko V. E., Romaniuk N. N. (2013) Device for Forecasting Wear-Out Rate and Life Residual Value of Brake Pads in Every Wheel of Transport and Traction Machines. Patent of the Republic of Belarus No 9122. (in Russian).
  2. Opanovich V. A., Karpievich Yu. D. (2012) Technology of Vehicle Diagnosis. *Nauka i Tekhnika* [Science & Technique], (2), 45–52. (in Russian)
  3. Lukin P. P., Gasparyants G. A., Rodionov V. F. (1984) *Vehicle Designing and Calculation*. Moscow, Mashinostroyeniye. 376 (in Russian).
  4. Karpievich Yu. D., Zhukovskii Iu. M., Zakharov A. V., Maltsev N. G. (2013) Friction as an Integral Indicator of Wear-Out Rate for Friction Pads of Clutch Driven Disk of Wheeled and Tracked Vehicles. *Perspektivnye Tekhnologii i Tekhnicheskie Sredstva v Selskokhoziaistvennom Proizvodstve: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf.* [Prospective Technologies and Technical Facilities in Agricultural Industry. Proceedings of International Scientific and Practical Conference. Part 2.] Minsk: Belarusian State Agrarian Technical University, 125–128 (in Russian).
  5. Barskii I. B., Borisov S. G., Galiagin V. A., Gekker F. R. [ed.], Kolodii Iu. K., Nikiforov G. S., Fedorov A. I., Sharipov V. M., Sherenkov G. M., Eglit I. M. (1989) *Clutches of Transport and Traction Machines*. Moscow, Mashinostroyeniye. 344 (in Russian).
  6. Karpievich Yu. D., Lovkis V. B., Bondarenko I. I. (2014) Frictional Work as Integral Indicator of Wear-Out Rate for Friction Discs of Gear Box Hydrocompressing Clutches. *Nauka i Tekhnika* [Science & Technique], 2, 32–35 (in Russian).
  7. Karpievich Iu. D., Zhukovskii Iu. M., Bondarenko I. I., Maltsev N. G. (2013) Method for Wear-Out Rate Diagnostics of Friction Discs in Hydraulic Press Clutches of Gear Boxes Applied in Wheeled and Tracked Vehicles. *Nauchno-Tekhnicheskii Progress v Selskokhoziaistvennom Proizvodstve: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Posviashch. Vedushchim Uchenym BGATU, Sozdateliam Nauch. Shk. po Avtotraktorostroeniiu D. A. Chudakovu i V. A. Skotnikovu* [Scientific and Technical Progress in Agricultural Industry. Proceedings of International Scientific and Practical Conference Dedicated to D. A. Tchudakov and V. A. Skotnikov, Leading Scientists of the Belarusian State Agrarian Technical University and Founders of Scientific School on Vehicle and Tractor Construction]. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University, 66–70 (in Russian).
  8. Kaplunskii A. R. (2009) Method for Determination of Operational Longevity Pertaining to Internal Combustion Engine and Device for the Given Method. Patent EA 012556 B1. (in Russian).
  9. Maltsev N. G., Karpievich Yu. D. (2013) Modern Methods for Fuel Consumption Control and their Application for Monitoring of Operational Modes in Automotive Engineering. *Nauchno-Tekhnicheskii Progress v Selskokhoziaistvennom Proizvodstve: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Prakt. Konf., Posviashch. Vedushchim Uchenym BGATU, Sozdateliam Nauch. Shk. po Avtotraktorostroeniiu D. A. Chudakovu i V. A. Skotnikovu* [Scientific and Technical Progress in Agricultural Industry. Proceedings of International Scientific and Practical Conference Dedicated to D. A. Tchudakov and V. A. Skotnikov, Leading Scientists of the Belarusian State Agrarian Technical University and Founders of Scientific School on Vehicle and Tractor Construction]. Minsk, Belarusian State Agrarian Technical University, 35–39 (in Russian).
- Received: 16.02.2016  
Accepted: 19.04.2016  
Published online: 26.09.2016