

## РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ БОРТОВОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ГИДРОПОДЖИМНЫХ МУФТ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ КОЛЕСНЫХ И ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН

Ю.Д. Карпиевич,

зав. каф. автомобилей БНТУ, докт. техн. наук, доцент

И.И. Бондаренко,

ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

*В статье рассмотрен расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроджимных муфт коробок передач. Выполнен на основе «Инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ»*

*Ключевые слова: бортовое диагностирование, фрикционный диск, гидроджимная муфта, коробка передач, колесные и гусеничные машины.*

*The article considers the calculation of the economic effect of the use of microprocessor system of on-board diagnosis of wear degree of friction discs of hydraulic couplings gearboxes. It is made on the basis of "Instructions for assessing the use effectiveness in the national economy of the Republic of the research results, experimental design and experimental technological works".*

*Keywords: on-board diagnostics, a friction disk, hydroporinae clutch, gear box, wheeled and tracked vehicles.*

### Введение

В условиях значительного усложнения конструкции коробок передач современных колесных и гусеничных машин возрастает роль качества проведения регулировочных работ и технического обслуживания, влияющих на их эксплуатационную надежность и безопасность движения [1].

Повышение эксплуатационной надежности колесных и гусеничных машин, снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт возможны только при своевременном и объективном определении их технического состояния.

Эффективным способом решения проблемы повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта, а также эксплуатационной надежности коробок передач является диагностирование их технического состояния [2].

Удельная трудоемкость диагностирования коробки передач сравнительно большая, что является следствием как низкой контролепригодности, так и несовершенства существующих методов и средств [3].

Получивший в настоящее время наибольшее распространение регламентный характер контрольно-диагностических работ не может обеспечить требуемого уровня технического состояния коробок передач, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации, техни-

ческого обслуживания и проведенные ранее ремонтные воздействия [4].

Все перечисленные выше проблемы могут решаться за счет непрерывного контроля технического состояния коробок передач колесных и гусеничных машин.

В связи с этим в последние годы все ведущие фирмы приступили к созданию бортовых систем диагностирования коробок передач колесных и гусеничных машин, позволяющих перейти к техническому обслуживанию по фактической потребности, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации технически неисправной машины, а с другой – необоснованные материальные и трудовые затраты при преждевременном обслуживании.

Создание бортовых систем диагностирования целесообразно производить одновременно с разработкой микропроцессорных систем управления, что позволяет при помощи одних и тех же технических средств обеспечить выполнение, как задачи управления, так и задачи диагностирования колесных и гусеничных машин, и избежать, тем самым, необоснованного усложнения конструкции машин и необходимости разработки дополнительного диагностического оборудования [5].

Таким образом, бортовое диагностирование технического состояния коробок передач колесных и гусеничных машин в настоящее время весьма актуально.

Цель настоящей работы – расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной си-

стемы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач колесных и гусеничных машин.

**Основная часть**

Рассмотрим новый метод бортового диагностирования технического состояния гидроподжимных муфт коробки передач в части оценки степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков, используя при этом работу трения как интегральный показатель [6]. Предположительно износ фрикционных дисков пропорционален работе трения.

Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач представлена на рисунке 1.

Предлагаемый метод диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач отличается от традиционных, основанных на непосредственном измерении толщины пакета фрикционных дисков [7, 8, 9].

Система бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач начинает свою работу при включении бортовой сети колесных и гусеничных машин.

Значения информационных сигналов от датчика момента трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, а также значения информационных сигналов от датчиков угловой скорости ведущих и ведомых фрикционных дисков гидроподжимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин поступают в бортовой компьютер.

После этого он определяет работу трения фрикционных дисков каждой гидроподжимной муфты колесных и гусеничных машин путем интегрирования по времени произведения значений информационных сигналов от датчика момента трения фрикционных дисков на разность значений информационных сигналов от датчиков угловой скорости, ведущих и ведомых фрикционных дисков гидроподжимной муфты коробки передач, взятых по модулю.

Полученные значения работы трения фрикционных дисков для каждой гидроподжимной муфты и после

каждого ее включения и выключения прибавляются к сумме, полученной при предыдущих включениях и выключениях муфты. Общая сумма значений работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты делится на наперед заданное числовое значение работы трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, соответствующее предельно допустимому износу ее фрикционных дисков. Затем это соотношение умножают на 100 % и определяют процент износа фрикционных дисков каждой гидроподжимной муфты коробки передач колесных и гусеничных машин.

Все это можно записать следующим образом:

$$L = \int_0^t M |(\omega_g - \omega_e)| dt \tag{1}$$

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

где  $L$  – текущие значения работ трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, Н·м;

$\omega_g, \omega_e$  – текущие значения угловых скоростей ведущих и ведомых дисков гидроподжимной муфты коробки передач соответственно;

$t$  – время трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, ч;

$M$  – момент трения фрикционных дисков гидроподжимной муфты, Н·м;

$\Delta$  – степень износа фрикционных дисков гидроподжимной муфты, %;

$p = 1, 2, \dots, n, n$  – количество включений и выключений гидроподжимной муфты;

$L_0$  – числовое значение работы трения, соответствующее предельно допустимому износу фрикционных дисков гидроподжимной муфты (определяется экспериментально), Н·м.

При достижении гидроподжимной муфтой значения работы трения, соответствующего предельно допустимому износу фрикционных дисков, на устройстве отображения информации (дисплее) появляется сигнал о замене данной муфты.

В результате проведенных исследований разра-



Рис. 1. Структурная схема системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач

ботана и внедрена на ОАО «Минский тракторный завод» программа и методика испытаний «Бортовое диагностирование степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач тракторов «БЕЛАРУС» (рег. №16392/Б от 20.01.2015 г.)

Настоящая программа и методика испытаний устанавливает объем и метод бортового диагностирования технического состояния гидроподжимных муфт коробки передач тракторов марки «БЕЛАРУС» в части оценки степени износа и величины остаточного ресурса фрикционных дисков, используя при этом работу трения как интегральный показатель.

Расчет экономического эффекта от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач выполнен на основе Инструкции по оценке эффективности использования в народном хозяйстве республики результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ, утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь 18. 05. 2002 № 637.

Также при расчетах использовались: ГОСТ 23728-88 «Техника сельскохозяйственная. Основные положения и показатели экономической оценки» и ГОСТ 23730-88 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов».

Основные технико-экономические показатели

для расчета экономической эффективности от использования микропроцессорной системы бортового диагностирования степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробки передач трактора «БЕЛАРУС-2103» приведены в таблице 1.

Экономическая эффективность от применения диагностирования коробок передач определяется величиной годового экономического эффекта Э:

$$\text{Э} = \Pi_1 - \Pi_2,$$

где  $\Pi_1$  – затраты потребителя за счет мероприятий по необоснованному ремонту, руб.;

$\Pi_2$  – затраты потребителя за счет внедрения диагностирования, руб.

Затраты потребителя  $\Pi$  в расчете на одну коробку передач определяются по формуле:

$$\Pi = U + E \cdot K,$$

где  $U$  – прямые эксплуатационные затраты, руб./ед.;

$E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

$K$  – удельные капитальные вложения, руб.

Прямые эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$U = 3 + A + P,$$

где 3 – заработная плата обслуживающего персонала, руб.;

$A$  – затраты на реновацию оборудования, руб.;

$P$  – затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание оборудования, руб.

**Таблица 1. Исходные данные по определению эффективности диагностирования**

Наименование показателей	Обозначение	Ед. изм.	Значение	Примечание
Балансовая стоимость оборудования для ремонтных работ	$B_1$	руб.	725	Данные ОУП «Мостовский ремонтный завод»
Балансовая стоимость диагностического оборудования	$B_2$	руб.	585	
Трудоемкость ремонта гидроподжимных муфт	$t_1$	ч	17,25	Нормы времени
Трудоемкость диагностирования гидроподжимных муфт	$t_2$	ч	0,55	Нормы времени
Коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, отчисления на социальное страхование, размер премий из фонда материальных поощрений	$K_1$		2,6	
Коэффициент реновации оборудования для ремонтных работ	$a_1$	%	11	
Коэффициент реновации на диагностическое оборудование	$a_2$	%	8,3	
Годовые затраты на текущий ремонт оборудования для ремонтных работ	$R_1$	%	6,9	
Годовые затраты на ремонт диагностического оборудования	$R_2$	%	2,6	
Среднее число необоснованно ремонтируемых коробок передач от программы ремонта	$n_1$	%	20	
Общее число ремонтируемых коробок передач	$N$	шт.	200	
Число диагностируемых коробок передач	$n_2$	шт.	200	
Нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений	$E$		0,15	
Часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала:				
– при ремонте	$r_1$	руб.	0,39	
– при диагностировании	$r_2$	руб.	0,45	

Заработная плата обслуживающего персонала диагностики и ремонта будет определяться следующим образом:

$$З = r \cdot n \cdot t \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2,$$

где  $r$  – часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала диагностики и ремонта, руб.;

$n$  – количество обслуживающего персонала диагностики и ремонта, чел.;

$t$  – время разборки, сборки, ремонта или диагностирования, ч.;

$\kappa_1$  – коэффициент, учитывающий дополнительную зарплату, отчисления на социальное страхование, размер премий из фонда материального поощрения;

$\kappa_2$  – коэффициент, учитывающий прочие накладные расходы ( $\kappa_2=1,9$ ).

Затраты на реновацию оборудования:

$$A = \frac{B \cdot a}{N \cdot 100},$$

где  $B$  – балансовая стоимость оборудования, руб.;

$a$  – отчисления на реновацию, %;

$N$  – число ремонтируемых или диагностируемых коробок передач, шт.

Затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание оборудования определяются по выражению:

$$P = \frac{B \cdot R}{N \cdot 100},$$

где  $R$  – коэффициент отчисления на ремонт и техническое обслуживание.

Удельные капитальные вложения можно найти следующим образом:

$$K = \frac{B}{N}.$$

Заработная плата обслуживающего персонала:

– при ремонте гидроподжимных муфт коробок передач

$$\begin{aligned} Z_1 &= r_1 \cdot n \cdot t_1 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = \\ &= 0,39 \cdot 2 \cdot 17,25 \cdot 2,6 \cdot 1,9 = 66,47 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

– при диагностировании гидроподжимных муфт коробок передач

$$\begin{aligned} Z_2 &= r_2 \cdot n \cdot t_2 \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = \\ &= 0,45 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 2,6 \cdot 1,9 = 1,22 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

Затраты на реновацию оборудования:

– при ремонте

$$A_1 = \frac{B_1 \cdot a_1}{N \cdot 100} = \frac{725 \cdot 11}{200 \cdot 100} = 0,4 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$A_2 = \frac{B_2 \cdot a_2}{N \cdot 100} = \frac{585 \cdot 8,3}{200 \cdot 100} = 0,24 \text{ руб.};$$

Затраты на ремонт и планово-техническое обслуживание оборудования:

– при ремонте

$$P_1 = \frac{B_1 \cdot R_1}{N \cdot 100} = \frac{725 \cdot 6,9}{200 \cdot 100} = 0,25 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$P_2 = \frac{B_2 \cdot R_2}{N \cdot 100} = \frac{585 \cdot 2,6}{200 \cdot 100} = 0,08 \text{ руб.};$$

Удельные капитальные вложения:

– при ремонте

$$K_1 = \frac{B_1}{N} = \frac{725}{200} = 3,62 \text{ руб.};$$

– при диагностировании

$$K_2 = \frac{B_2}{N} = \frac{585}{200} = 2,92 \text{ руб.};$$

Прямые эксплуатационные затраты:

– при ремонте гидроподжимных муфт коробок передач

$$U_1 = Z_1 + A_1 + P_1 = 66,47 + 0,4 + 0,25 = 67,12 \text{ руб.};$$

– при диагностировании гидроподжимных муфт коробок передач

$$U_2 = Z_2 + A_2 + P_2 = 1,22 + 0,24 + 0,08 = 1,54 \text{ руб.};$$

Общие затраты потребителя за счет мероприятий по необоснованному ремонту гидроподжимных муфт коробок передач

$$\begin{aligned} P_1 &= (U_1 + E \cdot K_1) \cdot n_1 = \\ &= (67,12 + 0,15 \cdot 3,62) \cdot 10 = 676,63 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

Общие затраты потребителя за счет диагностирования гидроподжимных муфт коробок передач

$$\begin{aligned} P_2 &= (U_2 + E \cdot K_2) \cdot n_2 = \\ &= (1,54 + 0,15 \cdot 2,92) \cdot 10 = 395,6 \text{ руб.}; \end{aligned}$$

Общий годовой экономический эффект от внедрения диагностирования гидроподжимных муфт коробок передач

$$\Delta = P_1 - P_2 = 676,63 - 395,6 = 281,03 \text{ руб.}$$

Расчет экономического эффекта произведен в ценах 2017 года.

### **Заключение**

1. Существующая в настоящее время планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта не может обеспечить требуемого уровня технического состояния коробок передач, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой машины, условия ее эксплуатации и проведенные ранее ремонтные воздействия.

2. Использование работы трения как интегрального показателя при бортовом диагностировании степени износа фрикционных дисков гидроподжимных муфт коробок передач позволит оперативно, в любой период эксплуатации тракторов «БЕЛАРУСЬ», определять остаточный ресурс фрикционных дисков, прогнозировать время их замены, а также перейти к техническому обслуживанию по фактической потребности, и за счет этого исключить, с одной стороны, возможность эксплуатации технически неисправного трактора, а с другой – необоснованные материальные

и трудовые затраты при его преждевременном техническом обслуживании.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

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; заявитель Бел. гос. агр. техн. ун-т. – №u20120857; заявл. 2012.10.03; опубл. 2013.01.03.
2. Опанович, В.А. Технология диагностирования машин / В.А. Опанович, Ю.Д. Карпиевич // Наука и техника. – 2012. – №2. – С. 42-52.
3. Лукин, П.П. Конструирование и расчет автомобиля: учеб. для студентов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы» / П.П. Лукин, Г.А. Гаспарянец, 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, Ю.М. Жуковский, А.В. Захаров, Н.Г. Мальцев // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 11-12 апреля 2013 г.: в 2-х ч. – Ч. 2. – Минск: БГАТУ, 2013 – С. 125-128.
5. Сцепления транспортных и тяговых машин / И.Б. Барский [и др.]; под ред. Ф.Р. Геккера. – 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., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову и В.А. Скотникову, Минск, 28-30 ноября 2013 г. – Минск: БГАТУ, 2013 – С. 66-70.
8. Способ определения времени работы двигателя внутреннего сгорания и устройство для его осуществления: пат. ЕА 012556 В1 / А.М. Каплунский; заявитель Белорусско-Российское ЗАО «Технотон»; заявл. 2007.11.23; опубл. 2009.10.30.
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: материал. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной ведущим ученым БГАТУ, создателям научной школы по автотракторостроению Д.А. Чудакову и В.А. Скотникову, Минск, 28-30 ноября 2013 г. – Минск: БГАТУ, 2013. – С. 35-39.
- 10 Карпиевич, Ю.Д. Развитие систем бортового диагностирования автомобилей / Ю.Д. Карпиевич, А.И. Гришкевич. – Минск, 1994. – 17 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.03.2018

### Радиоволновой влагомер зерна

*Предназначен* для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход – 4-20 мА, а также интерфейс – RS-485.



#### Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25 %
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5 %
Температура контролируемого материала	от +5 до +65 °С
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1 %
Напряжение питания	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	30 ВА