

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРОВ JOHN DEERE

**Пастухов Александр Геннадьевич<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Техническая механика и конструирование машин"

**Казанцев Сергей Павлович<sup>2</sup>**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой "Сопротивление материалов и деталей машин"

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

<sup>2</sup>127550, г. Москва, Лиственничная аллея, д. 7с2, тел. (499) 976-06-73, E-mail: kspts@mail.ru<sup>1</sup>  
308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, д. 1, тел. (4722) 39-23-90, E-mail: pastukhov\_ag@mail.ru

**Ключевые слова:** карданный вал, шарнир, техническое обслуживание, наработка, нагруженность, износ.

Обеспечение работоспособности зарубежной техники является важным и действенным средством реализации прогрессивных технологий сельскохозяйственного производства при получении качественного урожая. Однако существенные затраты на техническое обслуживание и запасные части в условиях эксплуатации вызывают необходимость обоснованного планирования производственных и технологических работ. Применительно к эксплуатации тракторов John Deere в условиях Белгородской области обобщены показатели нагруженности техники, свидетельствующие об их нерациональной эксплуатации. На примере карданной передачи привода гидромодуля коробки передач трактора John Deere 7830 разработан оригинальный способ технического обслуживания шарниров без разборки подшипниковых узлов. Данный способ положен в основу экспериментальной отработки перспективного технологического процесса технического обслуживания карданных шарниров типа CR115 с учетом действительной диагностической информации о радиальном зазоре и износе в подшипниковых узлах, величине наработки и нагруженности по профилю двигателя. При применении разработанного технологического процесса по группам наработки карданных шарниров осуществляются дифференцированные ремонтно-технические воздействия с учетом технического состояния шарниров. В статье сопоставлены рекомендации сервисной службы производителя и предлагаемого технологического процесса на примере трактора John Deere 7830 при техническом обслуживании карданных шарниров RE 52347. На основании производственной апробации дана оценка карданных шарниров по нагруженности, наработке и техническому состоянию. В результате применения предлагаемого способа технического обслуживания суммарная наработка шарниров увеличивается в 1,26 раза, что приводит к экономии затрат 44,3 тыс. руб. на трактор.

### Введение

С целью обеспечения стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции правительством Российской Федерации (Постановление № 996 от 25.08.2017 г.) утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017 - 2025 годы, в которой поставлена основная задача - сформировать условия для развития научно-технической деятельности с целью обеспечения независимости и конкурентоспособности отечественного агропромышленного комплекса (АПК). В этой связи эффективность работы АПК России в значительной мере зависит от его технического потенциала, определяемого уровнем функционирования технического сервиса разномарочного парка отечественных и зарубежных машин. Доля различных видов сельскохозяйственных машин и оборудования со сроком эксплуатации более десяти лет составляет: по тракторам – 61 %, комбайнам зерноуборочным – 47 %, комбайнам кормоуборочным - 42 %. При

этом затраты на ремонт техники превышают 50 млрд. руб., что обуславливается ростом цен на запасные части и сервисные услуги у дилеров при сокращении парка машин в условиях экономических санкций [1, 2, 3].

В механических приводах 80...90 % сельскохозяйственной отечественной и зарубежной техники применяются карданные передачи с шарнирами на игольчатых подшипниках, которые в силу условий нагружения и эксплуатации лимитируют долговечность трансмиссии, так как в кинематических схемах привода передают весь поток мощности от двигателя [4, 5, 6, 7]. В современной системе технического сервиса сельскохозяйственной техники отмечается тенденция уменьшения периодичности технического обслуживания агрегатов при сохранении высокого уровня их работоспособности, что связано с повышением сопутствующих затрат [8, 9]. В этой связи совершенствование технологических процессов и технических средств диагностирования, направленное на полное ис-

пользование ресурса агрегатов в эксплуатации, является актуальным.

#### Объекты и методы исследований

В Белгородскую область с 2006 г. по 2016 г. поставлено более 3,5 тысячи сельскохозяйственных тракторов. Наибольшая доля приходится на тракторы John Deere с диапазоном мощности 16...525 л.с. В частности, для тракторов John Deere 7830 условия эксплуатации за 2016 г. на полевых работах в агрегате с плугом, бороной, пресс-подборщиком, косилкой, кормораздатчиком, свеклоуборочным комбайном и другими сельхозмашинами характеризуются следующими параметрами: средняя загрузка двигателя – 49 кВт (уровень загрузки – 38,3 %), средняя частота вращения коленчатого вала – 1537 мин<sup>-1</sup>, средняя месячная наработка – 564 ч, средняя годовая наработка – 1584 ч. В трансмиссии John Deere 7830 применяется карданная передача с шарнирами RE 52347 для привода гидромодуля коробки передач, режимы работы которой характеризуются передачей наибольшего крутящего момента двигателя  $T_{\max} = 1$  кН·м при частоте вращения  $n = 1600...2100$  мин<sup>-1</sup> и угле излома шарниров  $\beta = \pm 3^\circ$  [10].

Долговечность,  $\chi$ , карданного шарнира с малой амплитудой качания на 90 %-ом уровне надежности рассчитывают при постоянной частоте вращения [4]:

$$L_{10h} = 500(f_n)^m = 500 \cdot \left( \frac{2,6CR}{T_{\max} f_d f_{n\beta}} \right)^m, \quad (1)$$

где  $f_n$  – коэффициент долговечности,  $\chi$ ;  $C$  – динамическая грузоподъемность подшипника, Н;  $R$  – плечо радиальной силы, м;  $f_d$  – коэффициент динамичности;  $f_{n\beta}$  – коэффициент, зависящий от частоты вращения и угла излома;  $m$  – постоянная.

При эксплуатации тракторов John Deere 7830 в соответствии с сервисным руководством Service Advisor карданные шарниры RE 52347 упомянутого вала после 5 тыс. ч работы необходимо заменить на новые [11]. Однако на практике большая часть таких шарниров имеет наработку более 6 тыс. ч, что ставит задачу обоснования режимов их технического обслуживания в эксплуатации.

#### Результаты исследований

Уточненная математическая модель суммарной долговечности карданного шарнира  $L_{h\Sigma}$ , ч, при ремонте и техническом обслуживании имеет вид [4]

$$L_{h\Sigma} = L_{10h} \cdot (k_{1P} + k_{2TO}), \quad (2)$$

где  $k_{1P}$  – коэффициент увеличения долговечности при ремонте;  $k_{2TO}$  – коэффициент увеличения долговечности при техническом обслуживании.

С целью снижения трудоемкости технологических воздействий на карданные шарниры разработан способ технического обслуживания шарниров типа CR115 [1] после окончания срока гарантийной эксплуатации, который заключается в том, что крестовину в сборе с подшипниковыми узлами поворачивают относительно оси вращения на 90° вправо или влево и далее осуществляют разворот крестовины в сборе относительно вертикальной оси пары шипов на 180°. В результате долговечность увеличивается за счет замены рабочих поверхностей подшипниковых узлов крестовины [10].

В этой связи суммарная предельная наработка карданного шарнира  $L_{h\Sigma}$ , ч, при проведении технического обслуживания после выработки основного ресурса с учетом ресурса до и после технического обслуживания

$$L_{h\Sigma} = L_{hTO} \cdot (1 + \Sigma k_{TOi}) = L_{hTO} + L_{hTO} \cdot \Sigma k_{TOi}, \quad (3)$$

где  $L_{hTO}$  – периодичность технического обслуживания, ч;  $\Sigma k_{TOi}$  – суммарный коэффициент увеличения долговечности от замены рабочих поверхностей с учетом кратности воздействия  $i$ .

Техническое обслуживание карданных шарниров согласно рекомендации John Deere, прописанной в руководстве по эксплуатации Service Advisor, назначается при наработке 2 тыс. ч. Проверка подразумевает опрос механизатора на наличие шумов и вибрации при работе карданной передачи под нагрузкой, визуальный осмотр на предмет обнаружения подтекания смазочного материала из-под уплотнений. При необходимости выполняют полную разборку передачи. При достижении наработки передачи 5 тыс. ч и более производитель рекомендует заменить шарниры. Иные действия и критерии замены или рекомендации в руководстве не указаны [10, 11].

Суммарная наработка карданных шарниров,  $\chi$ , в соответствии с описанными условиями эксплуатации и технического обслуживания

$$L_{\Sigma\chi} = L_{hD} + L_{пD}, \quad (4)$$

где  $L_{hD}$  – наработка до диагностирования, ч;  $L_{пD}$  – наработка при последующей эксплуатации, ч.

Графическая интерпретация описанных

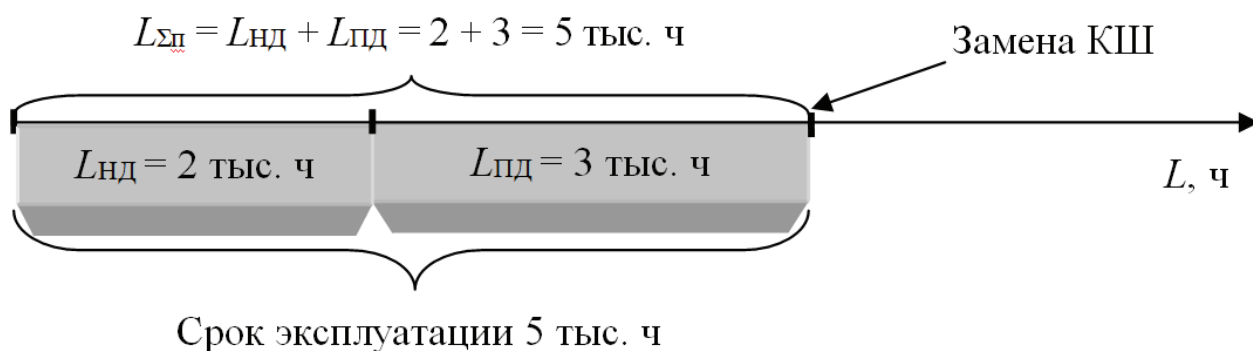


Рис. 1 – Графическая интерпретация планового технического обслуживания

технологических процессов технического обслуживания при сроке эксплуатации трактора, равном наработке 5 тыс. ч с однократной заменой карданных шарниров по рекомендации завода-изготовителя представлена на рис. 1.

Предлагаемый вариант реализации технического обслуживания карданных шарниров тракторов John Deere заключается в следующем: первое техническое обслуживание шарниров проводят при наработке 2 тыс. ч. Дополнительно проверяют уровень нагруженности по профилю нагрузки двигателя, измеряют радиальный зазор, демонтируют заглушку на корпусе крестовины и устанавливают смазочную арматуру; рекомендуется контактное измерение рабочей температуры. Следующие обслуживания с таким перечнем работ проводят с периодичностью 1,5 тыс. ч, которая соответствует годовой наработке трактора. В этом случае суммарная наработка, ч, карданных шарниров по варианту эксплуатации с реализацией предлагаемого способа технического обслуживания

$$L_{\Sigma\text{пр}} = L_{\text{нд}} + L_{\text{пд1}} + \dots + L_{\text{пди}} = L_{\text{то}} + k_{\text{д}} \cdot L_{\text{пди}}; \quad (5)$$

где  $k_{\text{д}}$  – коэффициент кратности диагностирования;  $i = 1 \dots n$  – число диагностирований за срок эксплуатации.

При оценке наработки до и после технического обслуживания, а также суммарной наработки исходим из следующих соображений:

1) техническое обслуживание шарниров проводят при остаточном ресурсе, определяемом коэффициентом  $k_{\text{л}}$  наработки до технического обслуживания, тогда наработка карданного шарнира до технического обслуживания

$$L_{\text{нд}} = k_{\text{л}} \cdot L_{\text{н10}}; \quad (6)$$

2) если  $L_{\text{пд}}$  – наработка после применения способа технического обслуживания, то суммарная наработка шарниров

$$L_{\Sigma\text{пр}} = L_{\text{нд}} + L_{\text{пд}} = k_{\text{л}} \cdot L_{\text{н10}} + k_{\text{д}} \cdot L_{\text{пди}}; \quad (7)$$

3) эффект повышения долговечности шарниров в результате проведения технического обслуживания будем оценивать по коэффициенту  $k_{\text{сто}} = L_{\Sigma\text{пр}} / L_{\Sigma\text{п}} = (k_{\text{л}} \cdot L_{\text{н10}} + k_{\text{д}} \cdot L_{\text{пди}}) / (L_{\text{нд}} + L_{\text{пд}})$ . (8)

В процессе эксплуатационных наблюдений выявлено, что нагруженность карданного вала можно оценить по профилю нагрузки двигателя, который хранится в бортовом компьютере трактора. Это позволяет точно прогнозировать наработку карданных шарниров после проведения технического обслуживания. Так как при рядовой эксплуатации фактический средний уровень нагруженности трансмиссии трактора, как правило, ниже 100 %-го уровня, то периодичность технического обслуживания увеличивается.

Для оценки уровня нагруженности узлов трансмиссии определим энергию, кВт·ч, затраченную на выполнение фактической работы:

$$W_{\Phi} = \bar{N}_{\Phi} \cdot L_{\Phi}, \quad (9)$$

где  $\bar{N}_{\Phi}$  – фактический средневзвешенный уровень нагруженности шарниров, кВт;  $L_{\Phi}$  – фактическое время работы двигателя, ч.

Коэффициент нагруженности  $K_{\text{w}}$  шарниров определим из предположения о линейной взаимосвязи затрат энергии и наработки:

$$K_{\text{w}} = \frac{W_{\Phi}}{W_{\text{н}}} = \frac{L_{\text{н}}}{L_{\text{w}}}, \quad (10)$$

откуда получим

$$L_{\text{w}} = \frac{L_{\text{н}}}{K_{\text{w}}}, \quad (11)$$

где  $L_{\text{н}}$  – наработка, соответствующая номинальной нагруженности, ч;  $W_{\text{н}}$  – количество энергии, соответствующее номинальной нагруженности, кВт·ч;  $L_{\text{w}}$  – наработка в зависимости от реальной средневзвешенной нагруженности, ч.

При этом повышение долговечности шарниров при техническом обслуживании характеризуется коэффициентом

$$k_{\text{дто}} = \frac{L_{\Sigma}}{L_{\text{н}}}. \quad (12)$$

В предлагаемом варианте эксплуатации с проведением диагностирования устанавливается наработка до проведения технического обслуживания через коэффициент  $k_L = 90\%$  и определяется коэффициент  $k_{\text{дто}} = 1,26$  шарниров при фактической средневзвешенной нагруженности менее 100%. При условии 100% использования мощности двигателя при нагружении карданного вала при суммарной наработке 5,8 тыс. ч в опытном варианте по сравнению с 5 тыс. ч нормативной наработкой определяем коэффициент  $k_{\text{дто}} = 1,16$  (рис. 2) [10, 12].

С целью обоснованного назначения дифференцированных ремонтно-технических воздействий разработан перспективный технологический процесс реализации технического обслуживания карданной передачи трактора. На основании данных по радиальному зазору в карданных шарнирах и их наработке предлагаем рассмотреть следующий процесс назначения ремонтно-технических воздействий в зависимости от действительного технического состояния шарниров карданной передачи (рис. 2) [13, 14, 15].

Наработку карданных шарниров в эксплуатации с учетом режимов нормальной эксплуатации делим на четыре группы:

- 1) наработка приработки при адаптации к условиям эксплуатации (менее 10% предполагаемой наработки);
- 2) наработка нормальной установившейся

эксплуатации (10...75% предполагаемой наработки);

3) наработка на уровне предельного состояния подшипниковых узлов (75...95% предполагаемой наработки);

4) наработка ураганного развития и возникновения предельного состояния (более 95% предполагаемой наработки).

Указанным выше этапам эксплуатации шарниров соответствуют следующие варианты назначения ремонтно-технических воздействий (рис. 3) [16]:

1) первой группе шарниров по наработке соответствует назначение обновления и/или пополнения смазочного материала;

2) второй группе шарниров по наработке рекомендуются промывка крестовины и замена смазочного материала;

3) третьей группе шарниров по наработке рекомендуется применить разработанный способ технического обслуживания;

4) четвертой группе шарниров по наработке необходимы восстановление шипов крестовин и замена подшипниковых узлов, как вариант, возможна замена на шарниры с остаточным ресурсом или на новые.

Апробация представленного технологического процесса проведена в Белгородской области на примере 34 тракторов John Deere 7830/7730, эксплуатируемых в аграрных предприятиях. В ходе статистической оценки показателей карданных шарниров установлено, что параметры предельного состояния имеют следующие значения: средний радиальный зазор -  $\Delta_m = 0,274$  мм, средняя нагруженность -  $N_m = 49,7$  кВт, средняя наработка -  $L_m = 6,66$  тыс.ч. По

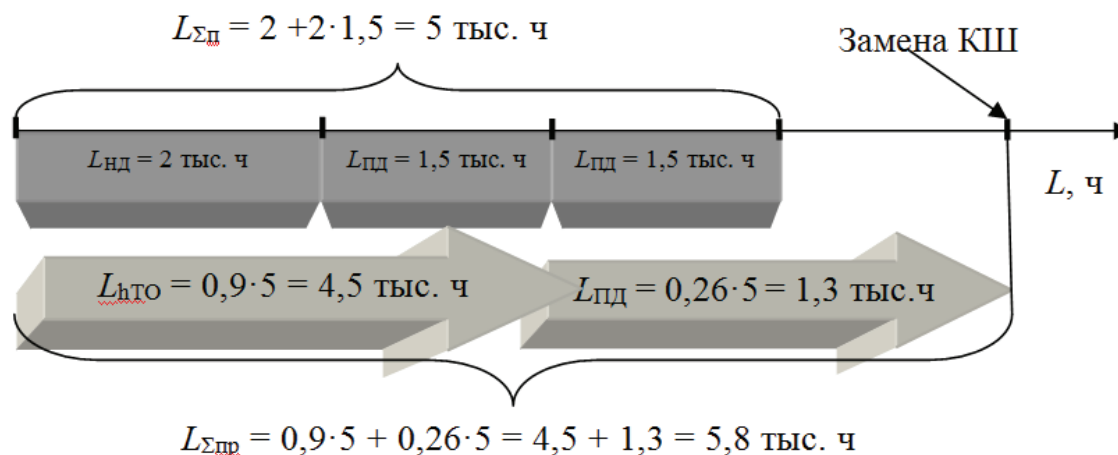


Рис. 2 – Графическая интерпретация планового и предлагаемого вариантов технического обслуживания карданных шарниров в эксплуатации

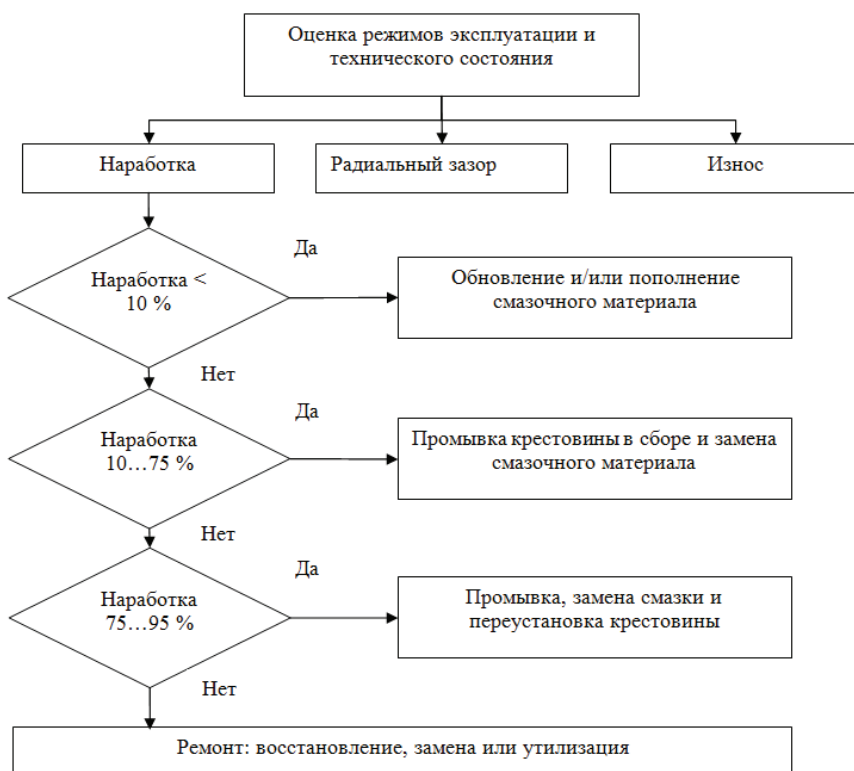


Рис. 3 – Схема связи групп наработки карданных шарниров и ремонтно-технических воздействий

результатам оценки износа доля пригодных к проведению технического обслуживания по предлагаемому способу шарниров составляет 8...60 %. Кроме того, 95 % шарниров имеют наработку до 6,66 тыс. ч, а нагруженность на уровне до 49,7 кВт испытывают 73 % шарниров. Оценка экономического эффекта от внедрения предлагаемого способа технического обслуживания карданных шарниров RE 52347 показала наличие годовой экономии эксплуатационных затрат в размере 44,3 тыс. руб. на один трактор за счет снижения расхода запасных частей и увеличения предельной наработки шарниров в 1,26 раза.

На основании представленных выше результатов

Таблица

Сопоставительный регламент технического обслуживания

Регламент технического обслуживания карданных шарниров	
Техническое обслуживание через 2 тыс. ч работы	
Регламент завода-изготовителя	Разработанный регламент
<p>Универсальные шарниры приводного вала: проверка (визуальный осмотр, органолептический контроль шума, контроль температуры узла) [2 тыс. ч или 24 месяца по первому сроку. Обращаться к дилеру John Deere для выполнения технического обслуживания]</p>	<p>Универсальные шарниры приводного вала:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) визуальный осмотр, органолептический контроль шума, контроль температуры узла;</li> <li>2) снятие показаний нагруженности по профилю двигателя;</li> <li>3) измерение радиального зазора;</li> <li>4) при необходимости пополнение смазочного материала.</li> </ol>
Техническое обслуживание через 5 тыс. ч работы	
<p>Универсальные шарниры приводного вала: замена [5 тыс. ч или 60 месяцев по первому сроку. Обращаться к дилеру John Deere для выполнения технического обслуживания]</p>	<p>Универсальные шарниры приводного вала:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- при 100 % нагруженности и наработке 4,5 тыс.ч применение способа технического обслуживания;</li> <li>- при нагруженности менее 100 %:</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>а) при наработке свыше 2 тыс. ч через каждые 1,5 тыс. ч - визуальный осмотр, органолептический контроль шума, контроль температуры узла; снятие показаний нагруженности по профилю двигателя; измерение радиального зазора;</li> <li>б) при достижении радиального зазора 0,274 мм применение предлагаемого способа технического обслуживания</li> </ol>

исследований составлен рекомендуемый регламент технического обслуживания карданных шарниров тракторов John Deere 7830 с учетом принятой периодичности при сопоставлении с перечнем работ, рекомендуемых заводом-изготовителем (рис. 3, табл. 1)

#### **Выводы**

1. Тенденции развития рынка сельскохозяйственных тракторов в Белгородской области показали увеличение парка тракторов марки John Deere. Для этого парка характерны разномарочность, тяжелые условия эксплуатации и повышенный расход материальных средств на обслуживание в период после гарантийной эксплуатации. В трансмиссии тракторов John Deere седьмой серии шарниры карданной передачи привода гидромодуля коробки передач являются критическими узлами.

2. Разработан перспективный технологический процесс технического обслуживания карданных шарниров, схема связи групп шарниров по наработке и назначению ремонтно-технических воздействий, который позволяет увеличить наработку шарниров карданных передач в 1,26 раза. Оценка эффективности внедрения предлагаемого способа показывает, что годовая экономия затрат на запасные части составит 44,3 тыс. руб. на один трактор.

#### **Библиографический список**

1. Способ технического обслуживания карданного шарнира: пат. № 2453451 РФ: МПК В60S 5/00, F16D 3/41, F16C 11/06 / Пастухов А.Г., Ефимцев А.В., Зданович Б.С., Тимашов Е.П.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородская государственная сельскохозяйственная академия». - № 2011107086/11; заявл. 24.02.2011; опубл. 20.06.2012 Бюл. № 17. – 7 с.
2. Черноиванов, В.И. Организация и технология восстановления деталей машин: науч. издание / В.И. Черноиванов, В.П. Лялякин. И.Г. Голубев – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 568 с.
3. Федоренко, В.Ф. Анализ качества сельскохозяйственной техники / В.Ф. Федоренко, М.Н. Хлепитько // Техника и оборудование для села. – 2014. - № 1. – С. 2-5.
4. Ерохин, М.Н. Надежность карданных передач трансмиссий сельскохозяйственной техники в эксплуатации: монография / М.Н. Ерохин, А.Г. Пастухов. - Белгород: Изд-во БелГСХА, 2008. - 160 с.

5. Jugović, M. Analysis of trends of development and dependence of some basic parameters of the tractors / M. Jugović, M. Simikić, M. Zoranović, R. Koprivica // Traktori i pogonske mašine. - 2016. - Т. 21 № 2/3. - p. 11-18.

6. Mačuzić, S. Structural and thermal analysis of multi-plate disc brakes of agricultural tractors / S. Mačuzić, J. Glisivić, J. Lukić, D. Moliradović // Traktori i pogonske mašine. - 2015. - Т. 20 № 1. - p. 42-49.

7. Nikolić, R. Engines and tractors – situation and needs / R. Nikolić, L. Savin, M. Simikić, M. Tomić, R. Gligorić, Ž. Stjelja, D. Radosavljević // Traktori i pogonske mašine. - 2014. - Т. 19 № 3. - p. 7-13.

8. Соловьев, Р.Ю. Актуальность проблемы импортозамещения в техническом сервисе сельскохозяйственной техники / Р.Ю. Соловьев. С.А. Горячев // Техника и оборудование для села. – 2014. - № 12. – С. 24-26.

9. Голубев, И.Г. Организация сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники зарубежными фирмами на российском рынке / И.Г. Голубев, Н.В. Корольков, В.Ф. Карпенков // Техника и оборудование для села. – 2013. - № 6. – С. 36-38.

10. Ефимцев, Андрей Витальевич. Обоснование способа технического обслуживания карданных шарниров тракторов John Deere в постгарантийный период [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03; / А.В. Ефимцев. – Майский, 2016. – 111 с.

11. Руководство по эксплуатации тракторов John Deere 7630, 7730, 7830 и 7930. OMAR 250895. Издание K6 / John Deere Waterloo Works. – 120 с.

12. Пастухов, А.Г. Ресурсная оценка способа технического обслуживания карданных шарниров трактора «Джон Дир» / А.Г. Пастухов, А.В. Ефимцев // Труды ГОСНИТИ. Т. 112. – М., 2013, – с. 88-93.

13. Сагындык, Т.Ж. Анализ отказов тракторов Джон Дир в условиях эксплуатации / Т.Ж. Сагындык, А.М. Түлебаев // Вестник науки КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2011. - № 3(70). – С.75-79.

14. Erokhin, M.N. Analysis of wear of the cardan cross the joints John Deer tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. - 2016. - Т. 21 № 1. - p. 24-29.

15. Табаков, П.А. Рекомендации по проверке и обоснованию предельного износа деталей / П.А. Табаков, В.М. Михлин // Техника и оборудование для села. – 2013. - № 12 – С. 7-10.

16. Евграфов, В.А. Оптимизация обеспеченности агрегатов мелиоративных технологических комплексов в ремонтно-технических воздействиях / В.А. Евграфов, А.С. Апатенко // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 8 – С. 41-44.

## PROSPECTIVE TECHNOLOGICAL PROCESS OF GIMBAL GEAR MAINTENANCE OF JOHN DEERE TRACTORS

Pastukhov A. G<sup>1</sup>., Kazantsev S.P.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FSBEI HE Belgorod State University

<sup>2</sup> FSBEI HE RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev

1308503, Belgorod Region, Belgorodsky District, Maisky v., Vavilova st., 1, tel. (4722) 39-23-90, E-mail: pastukhov\_ag@mail.ru  
2127550, Moscow, Listvennichnaya Alley, 7c2, tel. (499) 976-06-73, E-mail: kspts@mail.ru

Keywords: gimbal gear, joint-hinge, maintenance, running hours, burden, wear.

Ensuring working efficiency of foreign machinery is an important and effective means of implementing advanced technologies of agricultural production for obtaining good crop yields. However, significant costs of maintenance and spare parts make it necessary to plan production and technological work. Regarding operation of John Deere tractors in Belgorod region, burden parameters of the machinery are consolidated, indicating irrational exploitation. An original way of servicing the joint-hinges without disassembling the bearing assemblies was developed on the example of cardan transmission of the hydraulic drive module of the John Deere 7830 gearbox. This method is the basis for experimental testing of the prospective technological process of maintenance of cardan CR115 type joint-hinges, taking into account the actual diagnostic information on the radial clearance and wear in bearing assemblies, the operating time and burden along the engine profile. In case of applying the developed technological process in the groups of running time of cardan joint-hinges, differentiated repair and technical impacts are exercised taking into account the technical condition of the hinges. The article compares the recommendations of the manufacturer service department and the proposed technological process using the example of the John Deere 7830 tractor while servicing RE 52347 cardan joints. Based on the production approbation, the cardan joints are evaluated for burden, working hours and technical condition. As a result of the application of the proposed maintenance method, the total operating time of the hinges increases by 1.26 times, which leads to cost savings of 44.3 thousand rubles per tractor.

### Bibliography

1. Method for servicing gimbal joint: pat. No. 2453451 RF: IPC B60S 5/00, F16D 3/41, F16C 11/06 / Pastukhov A.G., Efimtsev A.V., Zdanovich B.S., Timashov E.P.; applicant and patent holder Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Belgorod State Agricultural Academy". - No. 2011107086/11; appl. 24.02.2011; publ. 20.06.2012 Bul. № 17. - 7 p.
2. Chernouvanov, V.I. Organization and technology of restoration of machine parts: scientific publication / V.I. Chernouvanov, V.P. Lyalyakin. I.G. Golubev - M.: FSBSI "Rosinformagrotekh", 2016. - 568 p.
3. Fedorenko, V.F. Quality analysis of agricultural machinery / V.F. Fedorenko, M.N. Khlepitko // Engineering and equipment for village. - 2014. - No. 1. - P. 2-5.
4. Erokhin, M.N. Reliability of transmission cardan gears of agricultural machinery in operation: monograph / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov. - Belgorod: Publishing House of Belgorod State Agricultural Academy, 2008. - 160 p.
5. Jugović, M. Analysis of the trends in the development and dependence of some basic parameters of the tractors / M. Jugović, M. Simikić, M. Zoranović, R. Koprivica // Traktori i pogonske mašine. - 2016. - T. 21 No. 2/3. - p. 11-18.
6. Mačuzić, S. Structural and thermal analysis of the multi-plate disc brakes of agricultural tractors / S. Mačuzić, J. Glisivić, J. Lukić, D. Moliradović // Traktori i pogonske mašine. - 2015. - Vol. 20 No. 1. - p. 42-49.
7. Nikolić, R. Engines and tractors - situation and needs / R. Nikolić, L. Savin, M. Simikić, M. Tomić, R. Gligorić, Ž. Stjelja, D. Radosavljević // Traktori i pogonske mašine. - 2014. - T. 19 No. 3. - p. 7-13.
8. Soloviev, R.Yu. The significance of import substitution in technical service of agricultural machinery / R.Yu. Soloviev. S.A. Goryachev // Engineering and equipment for village. - 2014. - No. 12. - P. 24-26.
9. Golubev, I.G. Organization of service maintenance of agricultural machinery by foreign firms in Russia / I.G. Golubev, N.V. Korolkov, V.F. Karpenkov // Engineering and equipment for village. - 2013. - No. 6. - P. 36-38.
10. Efimtsev, Andrey Vitalievich. Substantiation of maintenance method of cardan joints of John Deere tractors in the post-guarantee period [Text]: dissertation of Candidate of Technical Sciences: 05.20.03 / A.V. Efimtsev. - Mayskiy, 2016. - 111 p.
11. Instruction manual for tractors John Deere 7630, 7730, 7830 and 7930. OMAR 250895. Edition K6 / John Deere Waterloo Works. - 120 p.
12. Pastukhov, A.G. Resource evaluation of maintenance method of cardan joints of the tractor "John Deere" / A.G. Pastukhov, A.V. Efimtsev // Scientific works of All-Russian Scientific Research Technological Institute for the repair and operation of the machine and tractor fleet V. 112. - M., 2013, - p. 88-93.
13. Sagyndyk, T.Zh. Analysis of John Deere tractor failure in operating conditions / T.Zh. Sagyndyk, A.M. Tulebayev // Scientific Vestnik of KazATU named after S. Seifullin. - 2011. - No. 3 (70). - P.75-79.
14. Erokhin, M.N. John Deere tractor / M.N. Erokhin, A.G. Pastukhov, E.P. Timashov // Traktori i pogonske mašine. - 2016. - Vol. 21 No. 1. - p. 24-29.
15. Tabakov, P.A. Recommendations on verification and justification of the extreme wear of parts / P.A. Tabakov, V.M. Mikhlin // Engineering and equipment for village. - 2013. - No. 12 - P. 7-10.
16. Evgrafov, V.A. Improvement of aggregates of meliorative technological complexes in repair and technical impacts / V.A. Evgrafov, A.S. Apatenko // Engineering and equipment for village. - 2014. - No. 8 - P. 41-44.