

# ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК

УДК 631.512.2, 631.514, 631.517

**НОВИКОВ ВЛАДИМИР САВЕЛЬЕВИЧ**, докт. техн. наук

E-mail: tsmo@rgau-msha.ru

**ПЕТРОВСКИЙ ДМИТРИЙ ИВАНОВИЧ**, канд. техн. наук

E-mail: dm\_petrovsky@mail.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, г. Москва, 127550, Российская Федерация

## ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

Стрельчатая лапа является основным рабочим органом культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы. Размеры и форма стрельчатой лапы характеризуются углом раствора, углом крошения, углом заточки, шириной крыла и шириной захвата. По мере эксплуатации, в результате изнашивания, практически все эти параметры изменяются, снижая работоспособность лапы. В настоящее время лапы культиваторов изготавливают в основном из стали 65Г. Их ресурс, в зависимости от механического состава почвы, составляет от 7 до 18 га. Изучен характер износов стрельчатых лап культиваторов, приведены критерии их замены в результате изнашивания, даны основные направления повышения долговечности рабочих органов. Показано, что для обеспечения высокой долговечности и работоспособности стрельчатых культиваторных лап представляется целесообразным изготавливать их из стали 40ХС вместо 65Г; упрочнение наиболее изнашиваемой носовой части стрельчатых лап более целесообразно осуществлять накладными элементами в виде брусков, что позволит повысить их ресурс не менее чем в два раза по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев.

**Ключевые слова:** почва, обработка, стрельчатая лапа культиватора, долговечность.

**Введение.** Важнейшим направлением повышения технического уровня почвообрабатывающих машин является повышение ресурса их рабочих органов.

В результате интенсивного абразивного изнашивания изменяются геометрия режущей части и общие размеры рабочих органов, что является причиной нарушения агротехнических требований, снижения качества обработки почвы, повышения энергетических затрат [1-3]. Вынужденная частая

замена деталей рабочих органов снижает производительность труда и повышает затраты на обработку.

Стрельчатая лапа является основным рабочим органом культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы. Основное её назначение – борьба с сорной растительностью и рыхление почвы.

Размеры и форма стрельчатой лапы характеризуются углом раствора  $2\gamma$ , углом крошения  $\beta$ , углом заточки  $i$ , шириной крыла  $a$  и шириной захвата  $b$  (рис. 1).

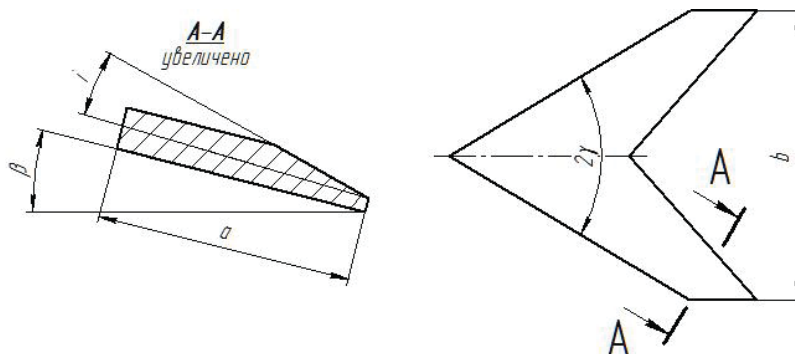


Рис. 1. Стрельчатая лапа культиватора

По мере эксплуатации практически все эти параметры изменяются, снижая работоспособность лапы. В результате изнашивания носовой части увеличивается радиус режущей кромки, косое резание переходит в категорию фронтального резания, вследствие чего повышается сопротивление, снижается заглубляющая способность лапы, нарушается равномерность глубины обработки.

В результате износа крыльев лапы по ширине возникает нарушение сплошности обработки за счёт уменьшения ширины захвата и ликвидации зоны перекрытия обработки почвы лапами первого и второго рядов. По мере изнашивания режущей кромки лезвия увеличивается её толщина, ухудшается режущая способность и снижается глубина обработки на твёрдых участках.

**Цель и задачи исследования** – повышение ресурса культиваторных лап за счёт совершенствования конструктивно-технологических параметров, а также используемых материалов при различных схемах упрочнения, установление зависимостей между долговечностью культиваторной лапы и условиями её работы.

Долговечность лапы по износу носовой части и износу крыла по ширине можно определить по выражению [4-6]:

$$T = \frac{W_{np} \cdot \varepsilon_{ст} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эст} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot V_k}, \text{ га} \quad (1)$$

Долговечность лапы по износу лезвия крыла можно определить по выражению

$$T = \frac{(a-c) \cdot \varepsilon_{ст} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{0,016 \cdot m_{эст} \cdot \eta \cdot p \cdot V_k \cdot \operatorname{tg} i}, \text{ га} \quad (2)$$

где  $W_{np}$  – предельный износ носовой части (или крыла по ширине) лапы, см;  $\varepsilon_{ст}$  – относительная износостойкость материала при эталонном давлении абразива (0,1 МПа);  $\eta_2$  – коэффициент, учитывающий изменение относительной износостойкости материала в зависимости от давления абразива;  $A$  – производительность лапы, га/ч; 0,016 – коэффициент пропорциональности изнашивания эталонного образца (сталь 45 в состоянии поставки) в эталонных условиях (при давлении абразива 0,1 МПа), см/МПа·км;  $m_{эст}$  – относительная изнашивающая способность почвы при эталонном давлении абразива;  $\eta_1$  – коэффициент, учитывающий изменение изнашивающей способности почвы в зависимости от давления абразива;  $p$  – давление почвы (абразива) в точке наибольшего изнашивания, МПа;  $\chi$  – отношение поступательной скорости культиватора к скорости перемещения пласта почвы по поверхности лапы;  $V_k$  – поступательная скорость культиватора, км/ч;  $a$  – предельная толщина лезвия лапы, см;  $c$  – начальная толщина лезвия лапы, см;  $i$  – угол заточки лезвия лапы, град.

Поправочные коэффициенты  $\eta_2$  и  $\eta_1$  определяют по выражениям

$$\eta_2 = 1,75 p + 0,825, \quad (3)$$

$$\eta_1 = 9,5 p + 0,04, \quad (4)$$

$$\chi = \cos \gamma \cdot \cos \beta, \quad (5)$$

где  $\gamma$  – половина угла раствора лапы, град.;  $\beta$  – угол крошения лапы, град.

Значения относительной изнашивающей способности смесей песка и глины по фракционному составу приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Относительная изнашивающая способность почв по фракционному составу (эталон – кварц, давление – 0,1 МПа)**

Тип почвы	Среднее содержание, %		Относительная изнашивающая способность, m
	песка	глины	
Песчаная	95	5	0,87
Супесчаная	85	15	0,62
Суглинистая (лёгкая)	75	25	0,42
Суглинистая (средняя)	65	35	0,32
Суглинистая (тяжёлая)	50	50	0,22
Глинистая (лёгкая)	35	65	0,15
Глинистая (средняя)	25	75	0,10
Глинистая (тяжёлая)	10	90	0,06
Кварцевые частицы	–	–	1,0

Давление почвы на носовой части, МПа:

$$p_n = 0,10 \dots 0,12(1 + 0,028 \cdot V_k) \cdot (1 + 0,01\beta) \cdot (3,5 + B^{1,3}). \quad (6)$$

Давление почвы на конце крыла лапы, МПа:

$$p_n = 0,025 \dots 0,035(1 + 0,028 \cdot V_k) \cdot (1 + 0,01\beta) \cdot (3,5 + B^{1,3}), \quad (7)$$

где  $V_k$  – поступательная скорость движения культиватора, км/ч;  $\beta$  – угол крошения лапы, град.;  $B$  – твёрдость почвы, МПа.

Примерное значение относительной износостойкости стали, из которой изготавливается лапа, при давлении абразива  $P = 0,1$  МПа можно определить из эмпирического выражения:

$$\varepsilon_o = 0,85(0,24x_1 + 0,07x_2 + 0,11x_3 - 3,54), \quad (8)$$

где  $x_1$  – содержание углерода в стали, %;  $x_2$  – содержание хрома в стали, %;  $x_3$  – твёрдость стали в единицах HRC.

В настоящее время лапы культиваторов изготавливают в основном из стали 65Г. Их ресурс, в зависимости от механического состава почвы составляет от 7 до 18 га [7-9].

Повысить их долговечность возможно различными способами:

- применением более износостойких сталей для изготовления лапы;
- различного вида наплавками или напылением на лезвийную часть лапы износостойких сплавов;
- закреплением на наиболее изнашиваемых точках накладных элементов и др.

Критерием выбора оптимальной марки стали для изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин можно использовать выражение

$$C_{\varepsilon} = \frac{\hat{I} \ddot{O}}{\varepsilon} \rightarrow \min, \quad (9)$$

где  $C_{\varepsilon}$  – стоимостная оценка износостойкости;  $O_{\varepsilon}$  – относительная цена стали;  $\varepsilon$  – относительная износостойкость стали.

Относительная цена стали определяется по формуле

$$\hat{I} \ddot{O} = \frac{\ddot{O}}{\ddot{O}_{\text{от}}}, \quad (10)$$

где  $\ddot{O}$  – цена той или иной марки стали, руб.;  $\ddot{O}_{\text{от}}$  – цена эталонной стали (сталь 45), руб.

Применительно к рабочим органам почвообрабатывающих машин к этому критерию следует добавить требование: ударная вязкость стали должна быть  $KCU \geq 30$  Дж/см<sup>2</sup>. Так как важнейшие механические параметры сталей, определяющие их износостойкость и прочность, – твёрдость, ударная вязкость и временное сопротивление на разрыв – зависят от режимов термообработки, в таблице 2 представлена минимальная температура отпуска стали после закалки, которая обеспечивает максимальные для данной стали значения твёрдости (HRC) при ударной вязкости  $KCU$  не менее 30 Дж/см<sup>2</sup>, а также их технико-экономические оценки.

Таблица 2

Относительные характеристики сталей

Характеристика	Марка стали				
	45	65Г	40Х	30ХГСА	40ХС
Минимальная температура отпуска, °С	200	400	370	200	150
Ударная вязкость, KCU, Дж/см <sup>2</sup>	30	30	30	90	62
Твёрдость, HRC	30	48	48	50	58
Относительная износостойкость, $\varepsilon$	1,04	1,86	1,90	2,10	3,00
Относительная цена, $O_{\varepsilon}$	1,00	1,40	1,35	1,90	2,10
Стоимостная оценка износостойкости, $O_{\varepsilon}/\varepsilon$	1,00	0,89	0,71	0,90	0,70

Из таблицы следует, что наиболее приемлемыми марками сталей для изготовления лапы культиватора являются 40ХС, 40Х, 65Г и 30ХГСА.

**Материал и методы.** Для повышения долговечности наплавкой или напылением твёрдых сплавов лапа упрочняется по схеме, показанной на рисунке 2а. Наплавка осуществляется по всему режущему контуру толщиной 0,5...1,0 мм и шириной 15...20 мм.

При применении наплавки твёрдых сплавов для упрочнения режущих рабочих органов очень

важно обеспечить нужную толщину наплавляемого слоя.

Она определяется из условия

$$\varepsilon_1 \cdot b_1 = \varepsilon_2 \cdot b_2, \quad (11)$$

где  $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$  – относительная износостойкость соответственно основного и наплавочного металла;  $b_1$  и  $b_2$  – толщина слоя соответственно основного и наплавочного металла, мм.

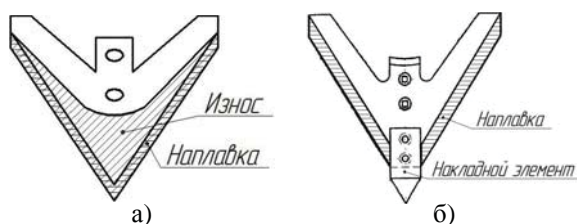


Рис. 2. Схемы:

- а – изнашивания серийной лапы;  
 б – упрочнения стрелчатой лапы культиватора наплавкой твёрдого сплава и с помощью накладного элемента

Примерное значение относительной износостойкости наплавочного металла можно определить из эмпирического выражения:

$$\varepsilon_n = 0,85(0,18x_1 + 0,0013x_2 + 0,21x_3 + 0,15x_4 + 0,076x_5 + 0,3x_6 + 0,4x_7 - 7,47), \quad (12)$$

где  $x_1$  – содержание углерода, %;  $x_2$  – содержание хрома, %;  $x_3$  – твёрдость, в единицах HRC;  $x_4$  – содержание бора, %;  $x_5$  – содержание молибдена, %;  $x_6$  – содержание вольфрама, %;  $x_7$  – содержание титана, %.

**Результаты и обсуждение.** Срок службы лапы, упрочнённой наплавкой, не удовлетворяет условию равностойкости носка и лезвийной части крыльев, особенно при обработке песчаных, супесчаных и лёгких суглинистых почв. Замена лапы проводится, как правило, по причине износа носовой части.

Анализ изношенных лап показывает, что предельный износ носовой части составляет около 50 мм, а предельный износ крыла по ширине в его конце – примерно 20...25 мм.

Упрочнение носовой части лапы с помощью накладного элемента [8-10] заключается в закреплении механически, сваркой или пайкой заострённого бруса в форме полукруга или прямоугольника из сталей 9ХС, 30ХГСА и других легированных сталей длиной 60...90 мм, углом заострения – 25...30°. Выступление заострённой части накладного элемента от основания носовой части – 30...40 мм, ширина бруса – 0,1...0,15 мм от ширины захвата лапы, толщина – 2,5...3,5 мм от толщины листа, из которого изготовлена лапа. Предпочтительным материалом для изготовления самой лапы вместо стали 65Г может быть рекомендована сталь 40ХС или 40Х при поверхностной твёрдости HRC48...58.

При такой конструкции лапы накладной элемент легко внедряется в почву и рыхлит её, тем самым значительно снижая нагрузку на лезвийную часть крыла, что, в свою очередь, повышает ресурс всей лапы. Так как угол заострения накладного элемента составляет 30°, это обеспечивает хорошую заглубляемость лапы, а минимальный угол заточки лезвийной части крыльев – 8° – достаточную их остроту даже при значительном износе по ширине. Все это обеспечивает высокую рабо-

тоспособность лапы длительный период времени без повышения тягового сопротивления. Носовая часть в этом случае практически не ограничивает ресурс лапы, её заменяют лишь в результате износа крыльев по ширине и уменьшения ширины захвата [11-15].

Проведём расчёты долговечности стрелчатой лапы для сплошной и междурядной обработки почвы по износу носовой части.

Примем следующие исходные данные: лапа изготовлена из прокатной стали толщиной 6 мм; ширина захвата лапы  $L = 330$  мм; угол раствора лапы  $2\gamma = 60^\circ$ , угол крошения  $\beta = 15^\circ$ , угол заточки  $i = 15^\circ$ ; предельный износ лапы  $W_{np} = 50$  мм; твёрдость почвы  $B = 1,0$  МПа; скорость обработки – 10 км/ч; вид почвы – супесчаная,  $m = 0,62$ .

По формулам 6 и 7 определяем давление почвы на носке лапы:  $P_n = 0,51$  МПа, давление на крыле лапы –  $P_d = 0,11...0,15$  МПа (меньшее значение на лапе с накладным элементом на носке).

Расчёты показывают, что долговечность лапы, изготовленной из сталей 65Г, 40Х, 30ХГСА, по износу носка без упрочнения составит примерно 16 га, из стали 40ХС – 30 га, на лёгкой суглинистой почве ( $m = 0,42$ ) – около 24 и 43 га соответственно.

При упрочнении лап наплавкой сплавом ФБХ-6-2 их ресурс на супесчаной почве повысится: из сталей 65Г, 40Х, 30ХГСА – до 26 га, из стали 40ХС – до 33 га.

При упрочнении носовой части накладным элементом из стали 9ХС ресурс ее практически составит не менее чем 50 га. В этом случае критерием замены лапы в процессе эксплуатации является износ не носовой части, а крыльев по ширине. Об этом свидетельствует и результат изнашивания таких лап в течение 2014-2016 гг. (рис. 3).

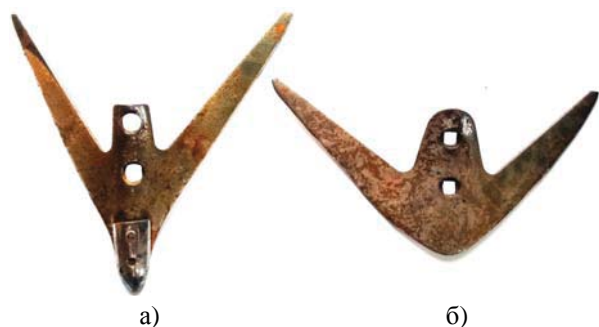


Рис. 3. Изношенные лапы культиватора:  
 а – с носком упрочнённым накладкой;  
 б – серийная лапа

В 2013 г. серийные лапы были упрочнены накладным элементом из стали 9ХС (рис. 3 а) на Грязинском культиваторном заводе. Нижние поверхности крыльев упрочнены наплавкой сплава ФБХ-6-2. Накладной элемент крепился к лапе механически после его термообработки до твёрдости HRC60.

В 2013-2014 гг. лапы проходили испытания в ФГБУ «Центрально-Чернозёмная МИС». Лапы устанавливались на сдвоенный культиватор 2КПС-4, который агрегатировался с трактором Т-150К. Почвы – среднесуглинистые. Вид работы – предпосевная обработка почвы. В 2016 г. после наработки каждой из четырех испытывавшихся лап по 30 га их продолжали испытывать в ООО «Залесово» Тульской области. Они были установлены на культиваторе КПС-8,6 и агрегатировались с трактором К-701. Почва – также среднесуглинистая, вид работы – тот же. Суммарная наработка опытных лап с накладкой в 2016 г. составила 50 га. Их остаточный ресурс, по мнению экспертов, составляет не менее 10 га.

На рисунке 3 представлены лапы из стали 65Г, одна из которых была упрочнена наплавкой по периметру лезвий крыльев и накладным элементом из стали 9ХС, а вторая – упрочнена наплавкой по периметру лезвий крыльев. Нарботка первой составила 50 га, её остаточный ресурс, по мнению экспертов, составляет не менее 10 га, а наработка второй – 20 га, её ресурс выработан полностью, и она требует замены.

### Выводы

1. Для обеспечения высокой долговечности и работоспособности стрелчатых культиваторных лап представляется целесообразным изготавливать их из стали 40ХС вместо 65Г. К сожалению, эта сталь не выпускается в массовом порядке. Из неё следует изготавливать опытные партии лап и поставлять их на испытания, а также выполнять детали рабочих органов плугов (лемехи, отвалы, полевые доски).

2. Упрочнение наиболее изнашиваемой носовой части стрелчатых лап более целесообразно осуществлять накладными элементами в виде брусков. Такой метод упрочнения позволяет повысить их ресурс по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев не менее чем в 2 раза.

### Библиографический список

1. Ерохин М.Н., Леонов О.А. Ремонт сельскохозяйственной техники с позиции обеспечения качества // Экология и сельскохозяйственная техника. Материалы 4-й научно-практической конференции. 2005. С. 234-238.

2. Ерохин М.Н., Кушнарв Л.И., Пучин Е.А. Машинно-технологические станции – резерв технического и экономического развития АПК: Монография. М.: Московский гос. агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина, 2008.

3. Черноиванов В.И. Концепция модернизации инженерно-технической системы сельского хозяйства России на период до 2020 года / В.И. Черноиванов, Ю.Ф. Лачуга, А.А. Ежевский, Н.В. Краснощеков, И.В. Горбачев, А.Ю. Измайлов, М.Н. Ерохин, В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, В.Д. Попов,

Н.М. Иванов, В.М. Кряжков, Д.И. Есаков, С.А. Горячев, А.В. Петриков, В.В. Нунгезер, Н.Т. Сорокин, А.П. Севастьянов // Проект. М., 2010.

4. Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин: Монография. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2013. 112 с.

5. Сидоров С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: Автореферат диссертации. М.: ГНУ ВИМ, 2007. 33 с.

6. Лебедев К.А., Лебедев А.Л. и др. Повышение ресурса культиваторных лап // Научное обозрение. 2015. № 3. С. 50-55.

7. Вольферц Г.А., Максимов А.А., Олейников Д.В. Использование сварочных и упрочняющих технологий при производстве лап культиваторов и сеялок // Ползуновский альманах. 2003. № 4. С. 174-175.

8. Ишков А.В., Кривочуров Н.Т. и др. Влияние технологических факторов на износ поверхностно-упрочненных стрелчатых лап // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 10. С. 92-96.

9. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Сабуркин Д.А. Выбор марки стали для лемеха плуга // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2008. № 1. С. 5-8.

10. Стрелчатая лапа культиватора: Патент на полезную модель № 110894 РФ / В.С. Новиков, М.Н. Ерохин; опубл. 10.12.2011. Бюл. № 34.

11. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. К вопросу об импортозамещении рабочих органов зарубежных почвообрабатывающих машин // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 206-212.

12. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Петровский Д.И. Прогнозирование ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 6-9.

13. Петровский Д.И., Новиков В.С. К вопросу о повышении долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию кафедры сельскохозяйственных машин агроинженерного факультета Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I. Ч. II. Воронеж, 2015. С. 125-129.

14. Новиков В.С., Петровский Д.И. Высоко-ресурсные рабочие органы машин для основной обработки почвы // Инновационные технологии для АПК юга России, 2016. С. 79-82.

15. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение ресурса рабочих органов машин для основной обработки почвы // Основные направления развития техники и технологий в АПК. VII Всероссийская научно-практическая конференция, 2016. С. 288-293.

*Статья поступила 23.05.2017*

## IMPROVING DURABILITY OF CENTRE-HOE CULTIVATORS

**VLADIMIR S. NOVIKOV, DSc (Eng)**

E-mail: tsmo@rgau-msha.ru

**DMITRY I. PETROVSKY, PhD (Eng)**

E-mail: dm\_petrovsky@mail.ru

Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation.

A hoe is the main working element of cultivators for general and inter-row soil cultivation. The size and shape of centre hoes are characterized by an opening angle, a crubing angle, a sharpening angle, a wing width, and a coverage. In the course of operation, as a result of wear, almost all of these settings are changed, reducing the centre hoe performance. Cultivator hoes are currently made mainly of steel 65Г. Their service life amounts to 7 to 18 ha depending on the soil texture. The authors have studied the wear patterns of cultivator centre hoes, offered some criteria for the replacement of worn parts, and outlined the main directions for improving the durability of working elements. It has been proved that to ensure high durability and efficiency of centre hoes, they should be produced from 40XC steel grade instead of 65Г; then, hardening of the most susceptible for wear front parts of centre hoes should be implemented with bar-from overlays, which will increase their service life twice as long as compared with simple surface welding of wing's cutting edges.

**Key words:** soil, processing, centre hoe of a cultivator, durability.

### References

1. Yerokhin M.N., Leonov O.A. Remont sel'skokhozyaystvennoy tekhniki s pozitsii obespecheniya kachestva [Repair of agricultural machinery in terms of quality assurance]. *Ekologiya i sel'skokhozyaystvennaya tekhnika. Materialy 4-y nauchno-prakticheskoy konferentsii*, 2005. Pp. 234-238. (In Rus.)
2. Yerokhin M.N., Kushnarev L.I., Puchin Ye.A. Mashinno-tekhnologicheskkiye stantsii – rezerv tekhnicheskogo i ekonomicheskogo razvitiya APK: Monografiya [Machinery technological stations as a base for technical and economic agricultural development. Monograph]. Moscow, Moskovskiy gos. agroinzhenernyy un-t im. V.P. Goryachkina, 2008. (In Rus.)
3. Chernoiyanov V.I. Kontseptsiya modernizatsii inzhenerno-tekhnicheskoy sistemy sel'skogo khozyaystva Rossii na period do 2020 goda [Concept of modernization of engineering systems of Russian agriculture for the period up to 2020] / V.I. Chernoiyanov, YU.F. Lachuga, A.A. Yezhevskiy, N.V. Krasnoshchekov, I.V. Gorbachev, A. Yu. Izmaylov, M.N. Yerokhin, V.F. Fedorenko, D.S. Buklagin, V.D. Popov, N.M. Ivanov, V.M. Kryazhkov, D.I. Yesakov, S.A. Goryachev, A.V. Petrikov, V.V. Nungezer, N.T. Sorokin, A.P. Sevast'yanov. *Proyekt*. Moscow, 2010. (In Rus.)
4. Novikov V.S. Uprochneniye rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: Monografiya [Hardening working elements of tillage machines. Monograph]. Moscow, FGBOU VPO MGAU, 2013, 112 p. (In Rus.)
5. Sidorov S.A. Povysheniye dolgovechnosti i rabospособnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin i orudiy, primenyayemykh v sel'skom i lesnom khozyaystvakh [Increasing the durability and efficiency of working elements of tillage machines and tools used in agriculture and forestry]: Self-review of PhD thesis. Moscow, GNU VIM, 2007, 33 p. (In Rus.)
6. Lebedev K.A., Lebedev A.L. i dr. Povysheniye resursa kul'tivatornykh lap [Increasing the service life of hoes]. *Nauchnoye obozreniye*, 2015, No. 3. Pp. 50-55. (In Rus.)
7. Vol'ferts G.A., Maksimov A.A., Oleynikov D.V. Ispol'zovaniye svarochnykh i uprochnyayushchikh tekhnologiy pri proizvodstve lap kul'tivatorov i sey-alok [Using welding and hardening technology in manufacturing of cultivator and seeder hoes]. *Polzunovskiy al'manakh*, 2003, No. 4. Pp. 174-175. (In Rus.)
8. Ishkov A.V., Krivochurov N.T. i dr. Vliyaniye tekhnologicheskikh faktorov na iznos poverkhnostno-uprochnennykh strel'chatykh lap [Effect of technological factors on the wear of surface-hardened centre hoes]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2010, No 10. Pp. 92-96. (In Rus.)
9. Yerokhin M.N., Novikov B.C., Saburkin D.A. Vybor marki stali dlya lemekha pluga [Choosing a steel grade for plow shares]. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny*, 2008, No. 1. Pp. 5-8. (In Rus.)
10. Strel'chataya lapa kul'tivatora: Patent na poleznuyu model' № 110894 RF [The patent for useful model No. 110894 of the Russian Federation "Centre hoe of a cultivator" / B.C. Novikov, M.N. Yerokhin; publ. on 10.12.2011. Bul. No. 34. (In Rus.)
11. Yerokhin M.N., Novikov V.S., Petrovskiy D.I. K voprosu ob importozameshchenii rabochikh organov zarubezhnykh pochvoobrabatyvayushchikh mashin

[On import substitution of foreign working elements of tillage machines]. *Trudy GOSNITI*, 2015, Vol. 121. Pp. 206-212. (In Rus.)

12. Yerokhin M.N., Novikov V.S., Petrovskiy D.I. Prognozirovaniye resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [Forecasting the service life of working elements of tillage machines]. *Sel'skiy mekhanizator*, 2015, No. 11. Pp. 6-9. (In Rus.)

13. Petrovskiy D.I., Novikov V.S. K voprosu o povyshenii dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin [On ways of improving the durability of working elements of tillage machines]. *Innovatsionnyye napravleniya razvitiya tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv mekhanizatsii sel'skogo khozyaystva: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy 100-letiyu kafedry sel'skokhozyaystvennykh mashin*

*agroinzhenerenogo fakul'teta Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni imperatora Petra I. Part II. Voronezh*, 2015. Pp. 125-129. (In Rus.)

14. Novikov V.S., Petrovskiy D.I. Vysokoresursnyye rabochiye organy mashin dlya osnovnoy obrabotki pochvy [Long-operable working elements of machines for primary tillage]. *Innovatsionnyye tekhnologii dlya APK yuga Rossii*, 2016. Pp. 79-82. (In Rus.)

15. Novikov V.S., Petrovskiy D.I. Povysheniye resursa rabochikh organov mashin dlya osnovnoy obrabotki pochvy [Increasing the service life of working elements of machines for primary soil tillage]. *Osnovnyye napravleniya razvitiya tekhniki i tekhnologiy v APK. VII Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*, 2016. Pp. 288-293. (In Rus.)

Received on May 23, 2017

УДК 62-235:338.5

**ПАСТУХОВ АЛЕКСАНДР ГЕННАДИЕВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: kafedra\_TMKM@bsaa.edu.ru

**КРАВЧЕНКО ИГОРЬ НИКОЛАЕВИЧ**, докт. техн. наук, профессор<sup>2</sup>

E-mail: kravchenko-in71@yandex.ru

**ЕФИМЦЕВ АНДРЕЙ ВИТАЛЬЕВИЧ**<sup>1</sup>

E-mail: kafedra\_TMKM@bsaa.edu.ru

<sup>1</sup> Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, ул. Вавилова, 1, п. Майский, Белгородский район, Белгородская область, 308503, Российская Федерация

<sup>2</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВНЕДРЕНИЯ СПОСОБА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КАРДАННЫХ ШАРНИРОВ JOHN DEERE

Представлены результаты практического внедрения способа технического обслуживания карданных шарниров со съемными подшипниковыми гнездами на примере конструкции, применяемой в тракторах John Deere 7830. Основу апробируемого технического решения составляет способ технического обслуживания карданных шарниров по RU2453451, заключающийся в замене рабочих поверхностей подшипниковых узлов путем поворота крестовины в сборе. Оценка технико-экономической эффективности предусматривает определение затрат от внедрения способа технического обслуживания, годовую экономию и срок окупаемости затрат. В процессе выполнения расчетов проведена сравнительная оценка затрат на материалы по реализации способа и по замене карданных шарниров новыми, стоимости работ по диагностированию карданных шарниров при техническом обслуживании, годовой экономии от снижения себестоимости при внедрении способа технического обслуживания с учетом повышения долговечности, а также установлен срок окупаемости капиталовложений. При этом стоимость замены карданных шарниров новыми составила 49940 руб., а себестоимость технического обслуживания – 13622 руб. С учетом коэффициента повышения долговечности в 1,16 раза экономия затрат составила 44308 руб., что обеспечивает срок окупаемости капиталовложений в способ на уровне 0,31 года. На примере тракторного парка John