

## **Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами**

В.П. Лялякин, научный консультант,  
докт.техн.наук, профессор;  
С.А. Соловьев, директор, докт.техн.наук, профессор;  
В.Ф. Аулов, нач.отдела, канд.техн.наук,  
ГНУ ГОСНИТИ,  
Тел. 8-495-371-21-44, e-mail: valpal-1938@mail.ru

***Аннотация.** В статье приведен аналитический обзор существующих методов упрочнения и восстановления рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, приведены данные о типовых износах деталей почвообрабатывающих машин, показаны технико-экономические результаты упрочнения и восстановления деталей, даны предложения о направлениях исследований по данной тематике.*

***Ключевые слова:** рабочие органы сельскохозяйственных машин, износ, ресурс, сварка, наплавка, токи высокой частоты.*

В сельскохозяйственном производстве Российской Федерации ежегодно производят продукцию на 115 млн га пашни. С целью создания благоприятных условий для роста и развития культурных растений производится механическая обработка почвы (вспашка, глубокое рыхление, лущение, фрезирование, культивация, боронование).

Для выполнения технологического процесса в растениеводстве сельское хозяйство, согласно данным Минсельхоза, на 01.01.2014 г. имеет 469,5 тыс. тракторов, 135 тыс. плугов, 177 тыс. культиваторов, 213 тыс. сеялок.

Следует отметить, что практически по всем видам техники идет снижение парка машин. Так, по тракторам за 10 лет снижение составило 37%, по плугам - 39, по культиваторам - 28 и по сеялкам - 30%. Это подтверждает,

что нагрузка на сельскохозяйственные машины в период сельскохозяйственных машин продолжает возрастать.

Для обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники выпускается огромное количество запасных частей. Так, годовая производительность ведущего предприятия по выпуску запасных частей для почвообрабатывающих машин Рубцовского завода составляет: по лемехам – более 600 тыс. шт., лап культиваторов – 870 тыс. шт., дисков борон – 14 тыс.шт. Для этих целей на этом заводе за один год расходуется более 16 тыс. т стали 50Г.

Годовая потребность Российской Федерации в рабочих органах к сельскохозяйственным машинам оценивается: в лемехах – 7 млн шт., в полевых досках – 3 млн, в отвалах – 2,4 млн шт. [ 1 ]

Годовые затраты на поддержание техники в исправном состоянии по данным ГОСНИТИ составляет [2]:

по плугам	- 1,2 млрд руб.;
по культиваторам	- 2,5 млрд руб.;
по сеялкам	- 2,7 млрд руб.

Рабочие органы эксплуатируются в абразивной среде и интенсивно изнашиваются, изменяя свою форму и размеры.

На рис. 1 представлены характерные зоны износа лемехов, отвалов, лап культиватора. По этим же схемам изнашиваются рабочие органы импортных машин.



Рис. 1

Результаты анализа износа по культиваторным лапам показывают, что 84% лап, имея предельный износ, могут быть направлены на восстановление.

Такая же ситуация наблюдается и по лемехам, включая импортные марки.

Для изготовления рабочих органов сельскохозяйственных машин заводы используют сталь Л53 (для лемехов) и Ст-65Г (для дисков и лап). По заводской технологии предусматривается термообработка с последующим отпуском до получения твердости на поверхности рабочих органов 47-59 НРС.

Многочисленные испытания серийных деталей отечественных плужных корпусов показывают, что средняя наработка на отказ лемехов П-702 (ПНЧС) в зависимости от видов почв и их физического состояния колеблется от 5 до 20 га, грудей отвалов – от 10 до 100 га, крыльев отвалов – от 40 до 270 га, полевых досок – от 20 до 60 га. Ограниченный ресурс имеют рабочие органы и других почвообрабатывающих машин: диски луцильников и дисковых борон – 8-20 га, лапы [3].

Для увеличения ресурса рабочих органов разработано ряд новых технологий. Так, подразделением ГОСНИТИ разработана и испытана в произ-

водства технология армирования новых лемехов [4] наплавочными валиками, которые создавали в наиболее изнашиваемых местах лемеха (носок и пятка).

Ручную дуговую наплавку носка и пятки проводили эллипсовидными валиками электродами Т-590, диаметр 4 мм, на оптимальных режимах -  $U = 20-24$  Вт;  $I_{св} = 160-170$  А.

При этом дополнительные затраты на выполнение технологического процесса в зависимости от конструкции детали и места упрочнения составляет 23-100 руб. при стоимости новой детали 480-520 руб. (рис. 2).



Рис. 2

В этом случае наработка упрочненных деталей увеличивается по сравнению с серийным в 1,8-2 раза [5].

На заводах ОАО «Белагромаш-Сервис» внедрена автоматизированная установка для индукционной наплавки зубьев тяжелых борон (рис. 3). [6].

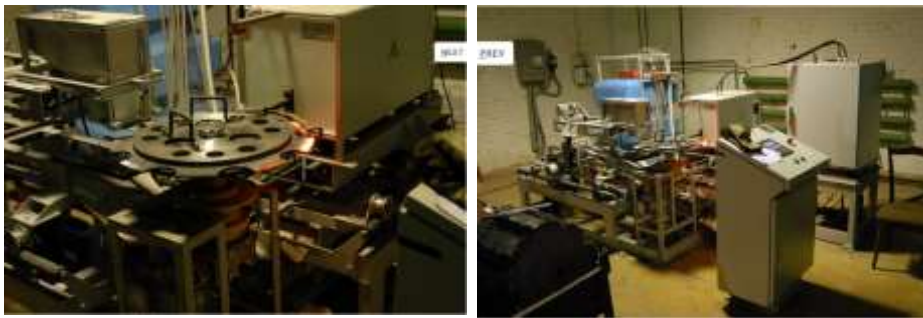


Рисунок 3. Установка для наплавки порошковых материалов ТВЧ

Все технологические операции (за исключением загрузки и выгрузки) выполняются в автоматическом режиме. Диск опускается на стол вращателя и, после нажатия кнопки «пуск» на пульте управления, происходит двухкоординатное перемещение дозатора шихты и его сближение с кромкой зуба диска, позиционирование относительно зуба и насыпка слоя шихты заданной ширины и высоты. Время насыпки шихты на зуб составляет 0,1 сек. Одновременно происходит перемещение нагревательного контура с индуктором по направлению к диску и центровка индуктора относительно зуба диска. Поворотом вращателя зуб с насыпанной шихтой попадает в индуктор, автоматически включается нагрев и происходит наплавка кромки зуба. Время наплавки зуба составляет 10-12 сек. Установка позволяет обеспечить производительность порядка 160 дисков в смену. В качестве наплавочного материала используют порошок ПГ-С-27 зернистостью 63 мкм. После наплавки получают твердость 65 HRC на глубине 2 мм, шириной 30 мм.

Для увеличения срока службы рабочих органов почвообрабатывающей техники ЗАО «Рубцовский завод запасных частей» проводит упрочнение деталей путем индукционной наплавки.

Применение упрочнения, например для лемехов, позволяет повысить твердость рабочих поверхностей, а, следовательно, и ресурс эксплуатации лемехов. Эффективность технологий упрочнения лемехов различными способами приведена в таблице 1 .

Таблица 1

### РЕЗУЛЬТАТЫ УПРОЧНЕНИЯ ЛЕМЕХОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Способ упрочнения	Твердость покрытия, HRC	Повышение износостойкости по сравнению с серийными лемехами, раз
Дуговая наплавка электродами ЦН-29, Т-590, Т-620, ЭН-ИТС-01	55...62	1,5...2,5
Наплавка порошковыми проволоками ПП-АН-125, ПП-АН-123 или порошковой лентой ЛС-У10Х7ГР	52...68	1,5...2,0
Индукционная наплавка сплавов типа «Сормайт», ПГ-С-УС-25, ФБХ-6-2	60...67	2,0

Институт машиноведения РАН проводит исследования по разработке новых технологий лазерного упрочнения и наплавки поверхностей трения в применении к сельхозтехнике и почвообрабатывающим орудиям. Разработана технология упрочнения тяжелых лап культиватора закалкой лучом лазера на ширину 30 мм. Производственные испытания показали повышение износостойкости упрочненных лап в 3-4 раза по сравнению с серийными. [7]

В дальнейшем были разработаны технологии лазерного упрочнения и наплавки порошковых покрытий на основе ФБХ 6-2 с различными добавками, содержащими твердые оксиды металлов и мягкую связующую фазу. Наплавляемый порошок наносили на нижнюю поверхность крыльев лап в

виде обмазки. В качестве связующего использовали водный раствор оксиэтилцеллюлозы. Грануляция порошка составляла 40-100 мкм. Обработку производили на сканере для пространственного управления лазерным лучом. Ширина наплавленных валиков составляла 5-6 мм, высота – 0,6-0,8 мм. Твердость наплавленного слоя находилась в пределах HRC 56-61. На каждое крыло лапы наносили по три наплавленных валика с шагом 8 мм.

Испытания культиваторных лап КПЭ-02407, упрочненных лазерным лучом в сравнении с серийными, проводились на СевКазМис при культивации почвы на глубину 10-12 см. Твердость почвы составляла 0,5-2,22 МПа. За период испытаний в объеме 121 ч (26,3 га на лапу) отказов в работе лап не установлено. Величина линейного износа по носку лапы составила: для опытных лап – 3,46 мм, для серийных – 5,44 мм. Средняя величина износа крыльев лап для опытных – 3,66 мм, для серийных – 5,51.

Оренбургский государственный аграрный университет разработал технологию упрочнения лемеха фирмы «Лемкен» напайкой металлокерамическими пластинами марок ВК-8, ТИ-20, Т15К10, Т15К6 [8].

Для пайки металлокерамических пластин рекомендуется использовать флюс марки Ф-100 (фторборат калия (КВФ4 – 46,5%; бура (Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>) – 36,5%; оксид вольфрама (W<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) и оксид кобальта (Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) – 3,5% и прибор П-63. Температура нагрева припоя должна быть 900-1000°C.

Структура затрат на восстановление одного лемеха составляет:

- стоимость металлокерамических пластин - 110-140 руб.;
- стоимость наплавляемого материала - 45 руб.;
- затраты на термическую обработку - 35 руб.;
- амортизационные отчисления - 40 руб.

Общие затраты составляют – 230 руб.

Предлагаемая технология позволяет повысить ресурс рабочих органов в 3-4 раза. Восстановленные образцы по данной технологии не могут эффективно работать на каменистых почвах.

В ГОСНИТИ разработана технология вибродугового упрочнения рабочих органов металлокерамикой. Для этих целей разработано устройство ВДГУ-2 (рис. 4). Выполнены теоретические и экспериментальные исследования, проведены производственные испытания упрочненных лап культиватора, дисков тяжелых борон [9].

**Комплект оборудования для вибродуговой наплавки металлокерамики ВДГУ-2.**



Рис. 4

В качестве керамических составляющих в покрытии используются химические элементы (бор, алюминий, углерод). Оплавление предварительной нанесенной пасты на поверхности детали производят вибрирующим угольным электродом. Данная технология позволяет повысить ресурс деталей в 2,1-2,3 раза и применение ее целесообразно в мастерских хозяйствах.



Алтайский научно-исследовательский институт технологии машиностроения ОАО «АниТим» разработал новую технологию упрочнения лап культиватора. Предлагаемая технология обеспечивает и сохраняет толщину режущей кромки (не более 2,5 мм), что обеспечивает качественное подрезание сорняков (основное агротехническое требование для культиваторных лап), снижает тяговое усилие на крюке на 8-15% и позволяет увеличивать показатель по наработке в га в 1,5-2 раза [10].

Рабочая зона лап подвергается закалке ТВЧ. Частичная закалка позволяет повысить твердость режущей части лап и сохранить прочность конструкции в целом. Последующий отпуск в печах позволяет снизить их хрупкость. Дальнейшее повышение твердости и износостойкости режущей кромки осуществляет методом электроконтактного плакирования твердыми сплавами. Благодаря электроконтактному плакированию твердость режущей кромки повышается до 60-65 HRC (для сравнения твердость подшипников качения составляет 60 HRC).

В ГОСНИТИ были выполнены фундаментальные исследования ведущими учеными Рабиновичем А.Ш., Винокуровым В.Н., Сальниковым В.Я., Бобоюдо Л.М. По выбору материалов для индукционной наплавки и разработке эффективной технологии восстановления и упрочнения рабочих органов с/х машин (лемеха, лапы культиваторов, диски тяжелых борон) [11].

На основании глубоких исследований по динамике изнашивания рабочих органов в различных климатических условиях и различных типов почв был исследован механизм затупления рабочих органов и предложены технологии получения двухслойных покрытий. Один слой должен быть мягким, а другой твердым. Наличие такого соотношения слоев обеспечивает самозатачивание рабочих органов (разница в твердости слоев должна составлять 30 HRC).

Теоретические разработки авторов были подтверждены полевыми испытаниями упрочненных рабочих органов.

Рабочие органы сельскохозяйственных машин упрочняют в зарубежных странах.

Американская фирма «Линд» разработала экономичное покрытие «Wear-TUFF» для защиты рабочих органов от износа при работе в высокоабразивной среде. Покрытие увеличивает срок службы изделия в два-три раза. Покрытие наносится методом обливания или распылением с последующей температурной обработкой. В смесь покрытия включены металлические порошки, карбиды и связующие вещества [12].

При спекании в печи в контролируемой атмосфере при температуре свыше 982°С происходит образование прочной металлической связи с основой. Твердость покрытия составляет 56-60 HRC.

Этой же фирмой разработана новая технология упрочнения рабочих органов с/х машин с использованием износостойких накладок и пластин, которые изготавливаются путем нанесения на мягкие стальные поверхности износостойкого покрытия «Wear-TUFF» с твердостью до 60 HRC. Износостойкие пластины прикрепляются с помощью болтового соединения с рабочими органами с/х машин и обеспечивают повышение их ресурса в два-три раза.

Фирма «Линд» разработала износостойкое покрытие «BRAZECOAT» с максимальной концентрацией частиц карбида для упрочнения рабочих органов. Особенность данного покрытия состоит в высокой плотности частиц карбида, который занимает до 70% металлической матрицы и твердость более 65 HRC. Порошковый материал растворяется полимерным связующим веществом и наносится на деталь в виде суспензии, которая расплавляется в электропечи до температуры около 1100°С с контролируемой атмосферой.

В Венгрии фирма «Инновельд» разработала технологию упрочнения рабочих органов твердым сплавом семейства «Элкефем» с помощью индукционного нагрева. В состав твердого сплава входит карбид хрома, борид хрома, карбид бора. Применение этой технологии позволяет увеличить срок службы рабочих органов в 3,5-4 раза.

Наплавку лемеха ведут со стороны, прилегающей ко дну борозды. Время наплавки одного лемеха до 2 мин. Увеличивается срок службы упрочняемого изделия в 6-10 раз.

Разработана и внедрена технология восстановления импортных лемехов методом приварки дополнительного элемента с упрочнением армирующими валиками в наиболее изнашиваемых зонах детали (рис. 5).

## ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛЕМЕХОВ И ДОЛОТ ЕВРОПЕЙСКИХ КОМПАНИЙ

• Компания Vogel&Noot



Изношенная  
деталь



Отрезка



Приварка доп.  
детали



Восстановлен-  
ная деталь

• Компания Lemken



Рис. 5

Данная технология позволяет повысить наработку импортного лемеха в 1,5 раза, снизить затраты при вспашке 1 га земли на 612 руб. (рис. 6).

## СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ ИМПОРТНЫХ ЛЕМЕХОВ И ДОЛОТ

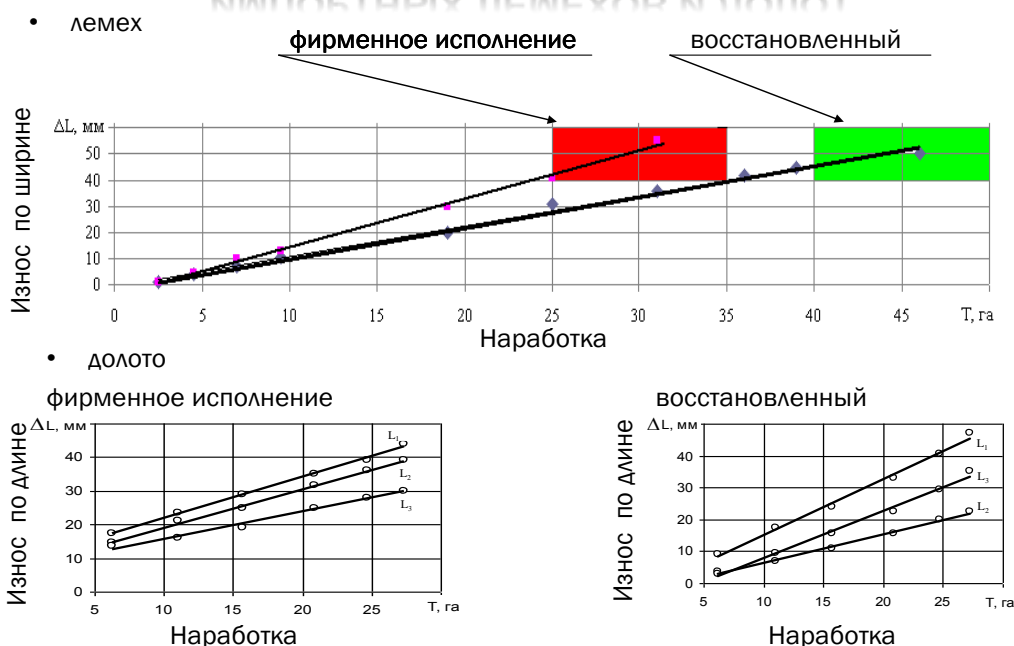


Рис. 6

На основании приведенного обзора можно сделать следующие выводы.

Разработаны методы упрочнения новых лемехов армированием наплавочными валиками твердым сплавом в наиболее изнашиваемых участках деталей. Данная технология позволяет увеличить ресурс лемеха в 1,8-2 раза по сравнению с новыми и может быть использована заводами-изготовителями и в мастерских хозяйств.

При изготовлении деталей почвообрабатывающих машин в серийном производстве целесообразно использовать технологию упрочнения наплавкой порошковых материалов с использованием токов высокой частоты, которая позволяет повысить ресурс до 2 раз. Однако для повышения производительности процесса требуется автоматизация загрузки и выгрузки деталей после наплавки.

Для восстановления деталей почвообрабатывающих машин, включая импортные марки, разработана технология с использованием приварки до-

полнительного элемента с последующим упрочнением сварочно-наплавочными методами.

Данная технология позволяет обеспечить ресурс восстановленной детали на уровне новой.

### Литература

1. Мониторинг состояния предприятий инженерно-технологической инфраструктуры АПК по техническому обслуживанию и ремонту отечественной и импортной сельхозтехники: научное издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 100 с.

2. *Денисов А.П., Волкова З.Н.* Зависимость затрат средств на ремонт техники от состояния ремонтно-обслуживающей базы сельхозпредприятия. М.: Машино-технологическая станция, № 4, 2011. - С.15-17.

3. *Новиков В.С.* Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин. Монография. М.: ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина, 2013.–112 с.

4. *Михальченков А.М., Жуков А.А.* Технологические приемы армирования для повышения ресурса плужных лемехов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2007, № 12. –С.10-12.

5. *Лялякин В.П., Михальченков А.М.* Долговечность плужных отвалов – аналитический обзор методов их повышения. Сборник научных работ «Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения». Брянск, Изд-во Брянская ГСХА, 2012. – С.96-105.

6. e-mail: [freal@freal.ru](mailto:freal@freal.ru)

7. *Бирюков В.П.* Повышение износостойкости при лазерной обработке почвообрабатывающих орудий. М.: Труды ГОСНИТИ. Т. 107, ч. 2, 2011. С.105-107.

8. *Соловьев С.А., Шахов В.А., Аристанов М.Г.* Технология восстановления лемеха плуга фирмы Lemken. М.: Труды ГОСНИТИ. Т. 113. 2013. С.245-249.

9. Литовченко Н.Н., Куликов В.Н., Титов Н.В. Вибродуговая наплавка графитовым электродом нанометаллических композиционных материалов. М.: Сварочное производство, № 2, 2013. - С.51-53.

10. [www.anitim-odo.ru](http://www.anitim-odo.ru), [www.анитим.рф](http://www.анитим.рф)

11. Рабинович А.И. Самозатачивающиеся плужные лемеха для твердых почв. М.: Машино-технологическая станция, № 6, 1958.

12. [www.lundonline.com](http://www.lundonline.com)

### **Hardening and recovery of parts of tillers welding and surfacing techniques (Review)**

V.P. Lyalyakin , scientific consultant ,  
Prof. ;

V.F. Villages , nach.otdela , Ph.D.  
(GNU GOSNITI RAAS

8-495-371-21-44, e-mail: valpal-1938@mail.ru)

**Annotation.** The article provides an analytical overview of existing methods hardening and recovery workers of agricultural tillage machines shows the typical wear parts soil- processing machines , showing feasibility results hardening and recovery details are some suggestions of areas of research investigations on the subject.

**Keywords:** working bodies of agricultural machinery, from nose , resource, welding, welding , high frequency currents .