

# МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ОСТОВА ПЛУЖНОГО ЛЕМЕХА ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АБРАЗИВОСТОЙКИХ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

## METHOD OF IMPROVING THE SERVICE PROPERTIES OF THE PLOWSHARE FRAME USING ABRASION-RESISTANT SURFACING MATERIALS AND POLYMER COMPOSITES

**А.М. МИХАЛЬЧЕНКОВ**, д.т.н.  
**М.А. МИХАЛЬЧЕНКОВА**  
**М.А. ПЕТРАКОВ**, к.пед.н.  
**А.А. ГУЦАН**

ФГОУ ВО Брянская ГАУ, Брянск, Россия,  
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

**A.M. MIHAL'CHENKOV**, DSc in Engineering  
**M.A. MIHAL'CHENKOVA**  
**M.A. PETRAKOV**, PhD in Pedagogik  
**A.A. GUCAN**

Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia,  
mihalchenkov.alexandr@yandex.ru

Присутствие в современной земледелии интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур способствует повышенной интенсивности изнашивания плужных лемехов вследствие высоких скоростей пахоты. Применение известных методов упрочнения сводится к использованию твердых сплавов в качестве покрытий рабочих поверхностей, что в настоящее время не позволяет достичь существенного увеличения ресурса лемехов, особенно их остовов (если лемех составной). Причиной этого следует считать отсутствие противоабразивного покрытия по всему объему поверхности трения детали, лимитирующей работоспособное состояние, которая достигает до 50 и более миллиметров (подрезающе-лезвийная область). Столь значительная величина позволяет использовать различные технологические варианты повышения стойкости к абразивному изнашиванию, включая применение абразивостойких материалов различной природы. Поэтому была поставлена задача по разработке и проверке в реальных условиях технологии упрочнения, которая обеспечивает значительное повышение абразивной стойкости и ресурса при сохранении геометрических параметров, установленных техническими условиями при выполнении агротехнических требований в процессе обработки почвы. Предлагаемый технологический процесс упрочнения состоит в наплавке лезвия на тыльной стороне остова составного плужного лемеха твердым сплавом; на рабочей поверхности формируются два валика повышенной твердости по границам лезвийной и подрезающей областей, а промежуток между ними заполняется клеполимерным абразивостойким композитом. При этом вся площадь рабочей поверхности (поверхности трения) подрезающе-лезвийной части охватывается упрочняющими покрытиями (наплавленным металлом и композитом). Апробация разработанной технологии упрочнения с применением сплавов повышенной твердости и абразивостойкого полимерного композита на эпоксидной основе с гравийным наполнителем показала увеличение ресурса деталей в 1,6 раза в сравнении с изделиями заводского исполнения.

**Ключевые слова:** служебные свойства, остов лемеха, износостойкость, ресурс, абразивостойкие материалы, наплавка, полимерные композиты.

The presence of intensive cultivation of agricultural crops in modern agriculture contributes to the increased wear rate of plowshares due to high plowing speeds. The use of well-known hardening methods is reduced to the use of hard alloys as coatings for working surfaces, which currently does not allow to achieve a significant increase in the resource of the ploughshares, especially their frame (if the ploughshare is composite). The reason for this is the absence of an anti-abrasive coating over the entire volume of the friction surface of the part, which limits the working condition, which reaches 50 or more millimeters (undercutting-blade area). Such a significant value allows the use of various technological options to improve the resistance to abrasive wear, including the use of abrasion-resistant materials of different nature. Therefore, the task was to develop and test in real conditions the hardening technology, which provides a significant increase in abrasive resistance and durability, while maintaining the geometric parameters established by the technical conditions when performing agrotechnical requirements for tillage. The proposed technological process of hardening consists in surfacing the blade on the back side of the frame of the composite plowshare with a hard alloy. On the working surface, two rollers of increased hardness are formed along the edges of the blade and undercut areas, and the gap between them is filled with a glue-resin abrasive resistant composite. In this case, the entire area of the working surface (friction surface) of the undercutting-blade part is covered by reinforcing coatings (weld metal and composite). As a result of testing the developed hardening technology with the use of high-hardness alloys and an abrasion-resistant epoxy-based polymer composite with gravel filler, the durability of parts was increased by a factor of 1,6 compared with factory-made components.

**Keywords:** service properties, plowshare frame, wear resistance, durability, abrasion-resistant materials, surfacing, polymer composites.

## Введение

Использование интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к увеличению скорости обработки почвы, что существенно повысило интенсивность изнашивания составных лемехов плужных корпусов при пахоте [1]. Поэтому был предложен ряд методов, направленных на обеспечение увеличенной стойкости к абразивному изнашиванию этих деталей [2, 3]. Как правило, противоизносные технологические мероприятия сводятся к нанесению покрытий повышенной твердости на участках рабочей поверхности, где наиболее вероятно появление износа [4, 5]. В этом случае величина ресурса составных лемехов лимитируется предельным состоянием остова, определяемым допустимым износом по ширине подрезающе-лезвийной области. В свою очередь, размер по ширине этой области составляет не менее 50 мм, что позволяет проводить упрочняющие мероприятия, связанные с нанесением абразивостойких защитных покрытий в широком диапазоне технологических вариантов и геометрических схем, не оказывая заметного влияния на конфигурацию детали, установленную агротехническими требованиями. Способы упрочнения подобного плана известны, но им присущ ряд недостатков, не позволяющих в полной мере реализовать потенциальные возможности детали по повышению ресурса и сопротивляемости абразивному изнашиванию. Например, нанесение на лезвийную область с тыльной стороны износостойкого материала (сормайта) [6] или проведение упрочняющей наплавки этой же области сплавом, обеспечивающим твердость нанесенного материала 58–62 HRC с присутствием в его структуре карбидов и карборидов по всей длине и на всю ширину лезвия [7], не позволяет упрочнить весь объем подрезающе-лезвийной части остова, не используя имеющийся потенциал по повышению абразивной износостойкости изделия в целом и, следовательно, его ресурса.

## Цель исследования

Целью представляемых изысканий является разработка технологии упрочнения и внесение изменений в конструкцию плужного лемеха, обеспечивающих существенное повышение абразивной стойкости и ресурса, при сохранении нормированных геометрических параме-

тров и выполнении агротехнических требований при обработке почвы, а также проведение натуральных сравнительных испытаний на предмет определения наработки до предельного состояния и сравнительной эффективности предлагаемых мероприятий.

## Материалы. Опытные образцы. Технология. Методика исследований

Материалами для проведения экспериментов служили: электроды отечественного производства Т-590, обеспечивающие наличие в структуре наплавленного металла карбидных и карборидных включений с твердостью поверхности не менее 62 HRC – для проведения наплавки упрочняющих валиков; эпоксидно-гравийный композит, состоящий из клеевой компоненты (эпоксидная смола ЭД-20-100 мас. ч., отвердитель, полиэтиленполиамин – 10 мас. ч.) и гравийной крошки с дисперсностью частиц 1–2 мм и твердостью не менее 7 единиц по шкале Мооса (соотношение компонентов в композите составляет 50 % эпоксидной матрицы и 50 % гравийного наполнителя) – для нанесения покрытия между сформированными на рабочей поверхности подрезающе-лезвийной части остова лемеха валиками.

В качестве опытных образцов выступали восстановленные по методу «термоупрочненных компенсирующих элементов» остовы составных лемехов компании «Фогель и Ноот» [8] (рис. 1). В данном случае вместо предельно изношенной подрезающе-лезвийной части вваривалась вставка из термоупрочненной на твердость 45–48 HRC рессорно-пружинной стали. (Не исключается использование в качестве экспериментальных деталей остовов заводского исполнения, а также изделий других компаний.)

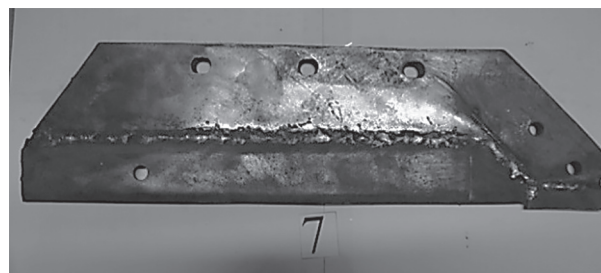


Рис. 1. Остов составного лемеха, восстановленный по методу «термоупрочненных компенсирующих элементов»

Технологический процесс упрочнения заключается в следующем (см. рис. 2). Тыльная сторона 2 восстановленного остова составного плужного лемеха (выделена утолщенными линиями) наплавляется абразивостойким сплавом 3 на величину заточки; на рабочей (наружной) поверхности, тем же абразивостойким сплавом наносятся два валика; первый (4) наплавляется со стороны лезвийной области, и его нижней границей служит верхнее сечение лезвия 5; второй валик (6) формируется в верхней части подрезающей области 7 и его верхней границей является сечение 8, ограничивающее эту область; в промежутке между сформированными валиками наносится клеэполимерный абразивостойкий композит 9. При этом вся площадь рабочей поверхности (поверхности трения) подрезающе-лезвийной части должна быть охвачена упрочняющими покрытиями (наплавленным металлом и композитом), т.е. покрытия располагаются по всей длине детали.

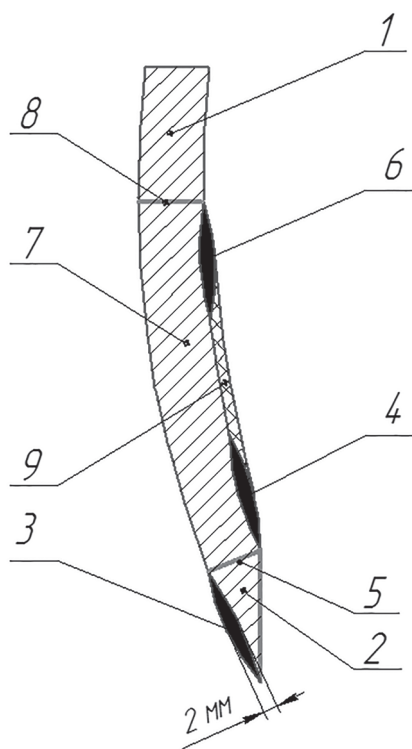


Рис. 2. Поперечное сечение упрочненного остова составного лемеха

Наплавка противоабразивного покрытия проводится как на тыльную, так и на рабочую поверхность с повышенной глубиной проплавления, которое позволит снизить влияние фактора «скалывания» металла валика, сформированного на задней части лезвия от воздействия

ударных нагрузок со стороны почвы, которые непосредственно воздействуют на наплавленный материал из-за присутствия эффекта «самозатачивания». Другой функцией тыльной наплавки лезвия является обеспечение снижения уровня остаточных напряжений, наведенных последующей наплавкой валиков на рабочую поверхность, и, как следствие, уменьшение вероятности нарушения конфигурации остова, оговоренной техническими условиями на изготовление. Высота нанесенного металла в этом случае не должна превышать 2 мм относительно поверхности детали.

Ширина упрочняющих валиков, сформированных на поверхности трения подрезающе-лезвийной области, составляет от 15 до 20 мм, а их высота – не более 2 мм. Такие их геометрические параметры позволяют избежать существенного приращения тягового сопротивления, а большая глубина проплавления – выкрашивания твердого слоя при контактировании с включениями значительной величины и твердости.

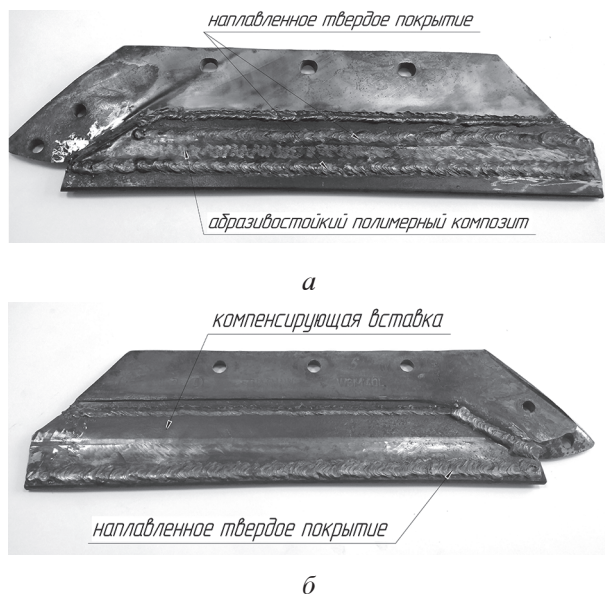
Пространство между валиками 4 и 6 (рис. 2) заполняется полимерным самотвердеющим композитом на клеевой основе с дисперсным наполнителем 9, в котором наполнитель выполняет функцию противоабразивной составляющей. Применение такого рода покрытия позволяет избежать негативного влияния на форму лемеха остаточных напряжений в силу их отсутствия и обеспечить защиту всей площади контактирующей с почвой поверхности от абразивного воздействия. Формирование композиционного материала на поверхности происходит в жидком состоянии, что позволяет скопировать (воспроизвести) ее геометрию. Толщина покрытия не должна превышать 2 мм, по примеру валиков. В свою очередь, валики будут выполнять функцию упоров для данного покрытия, обеспечивая тем самым повышение его сопротивляемости напряжениям сдвига, возникающим в результате силового воздействия почвы.

Упрочненный подобным образом восстановленный остов представлен на рис. 3.

Полевые испытания проводились в период зяблевой вспашки на полях с преимущественно супесчаной почвой в юго-западном регионе Российской Федерации. Пахотный агрегат состоял из трактора К-744РЗ и 16-корпусного оборотного плуга компании «Фогель и Ноот». Одновременно испытывалось 12 опытных лемехов и 4 изделия в состоянии поставки, что

позволило получить достоверные сравнительные данные.

Износы по ширине остова испытываемых образцов контролировались в динамике (периодически) до истирания компенсирующего элемента в размере около 45 мм в сечении последнего крепежного отверстия.



**Рис. 3. Восстановленный и упрочненный остов составного лемеха компании «Фогель и Ноот»:**  
*а* – лицевая сторона; *б* – тыльная сторона

### Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение

Наличие твердых наплавленных валиков с HRC не менее 62 единиц и противоабразивного композита на рабочей поверхности остова с

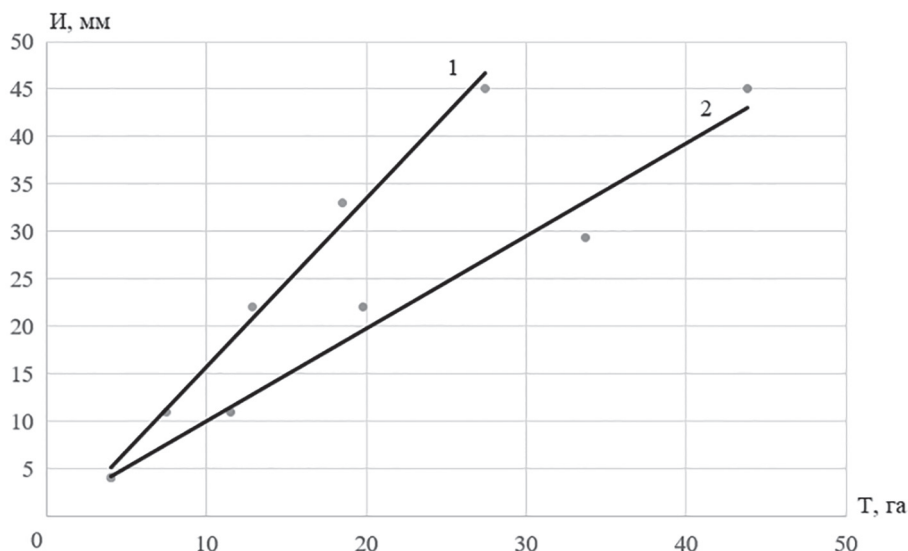
охватом всего объема подрезающе-лезвийной области обеспечивает значительный прирост ресурса. Как показывают полученные результаты, наработка на отказ остова в заводском исполнении составляет около 27 га (рис. 4, линия 1). В свою очередь, этот показатель для восстановленных и упрочненных (модернизированных) деталей доходит до 43 га (рис. 4, линия 2).

Применение предлагаемой технологии восстановления с одновременным упрочнением и связанного с ней изменение конструктивного исполнения остова составного лемеха плуга позволяет существенно увеличить ресурс и абразивную износостойкость (рис. 4), которая в 1,6 раза превышает износостойкость остова в состоянии поставки.

При этом заметного воздействия технологических операций на геометрию детали и отклонений от агротехнических требований при пахоте не наблюдалось. Нужно отметить, что разработанный и апробированный метод можно использовать и при упрочнении других деталей почвообрабатывающих орудий.

### Выводы

1. Предлагаемый метод упрочнения остовов составных плужных лемехов заключается в использовании наплавки сплавов повышенной твердости и нанесении абразивостойкого клееполимерного композита на область детали, лимитирующей ее предельное состояние.
2. Апробация технологии показала ее высокую положительную эффективность, вы-



**Рис. 4. Зависимость износа от наработки:**  
 1 – остов в состоянии поставки; 2 – восстановленный и упрочненный остов

ражающуюся в значительном увеличении ресурса упрочненных деталей в сравнении с заводскими.

### Литература

1. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Виноградов В.В. Анализ перспективных способов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2013. № 10. С. 33–36.
2. Серов Н.В., Серов А.В., Бурак П.И. Технология упрочнения лемехов плуга электроконтактной приваркой // Труды ГОСНИТИ. 2015. Т. 121. С. 287–290.
3. Булычев В.В., Пономарев А.И., Голубина С.А. Совершенствование технологий упрочняющей наплавки деталей плугов на основе применения вибродуговых процессов // Тракторы и сельхозмашины. 2010. № 4. С. 54–56.
4. Михальченков А.М., Лялякин В.П., Кожухова Н.Ю., Горбачев Р.В. Возобновление ресурса лемехов // Сельский механизатор. 2013. № 2. С. 34–35.
5. Сидоров С.А., Миронов Д.А. Обоснование повышения эксплуатационно-ресурсных характеристик лемехов плугов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. № 6. С. 14–17.
6. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка рабочих органов почвообрабатывающих машин // Повышение износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих машин. Ростов-на-Дону: ЦБТИ, 1962. С. 16–20.
7. Михальченков М.А., Якушенко Н.А. Способ упрочняющего восстановления плужного лемеха: патент России № 2544214. Российская Федерация; 2015. Бюл. № 7.
8. Козарез И.В., Ториков В.Е., Михальченкова М.А. Анализ и особенности износов плужных лемехов различных конструкций и динамика их изнашивания // Труды инженерно-технологиче-

ского факультета Брянского государственного аграрного университета. 2015. № 1. С. 126–154.

### References

1. Titov N.V., Kolomejchenko A.V., Vinogradov V.V. Analysis of promising ways to strengthen the working bodies of tillage machines. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. 2013. No 10, pp. 33–36 (in Russ.).
2. Serov N.V., Serov A.V., Burak P.I. Technology hardening plowshares by electrocontact welding. *Trudy GOSNITI*. 2015. Vol. 121, pp. 287–290 (in Russ.).
3. Bulychyov V.V., Ponomaryov A.I., Golubina S.A. Improving the technology of hardening welding of plow parts based on the use of vibro-arc processes. *Traktory i sel'hozmashiny*. 2010. No 4, pp. 54–56 (in Russ.).
4. Mihal'chenkov A.M., Lyalyakin V.P., Kozhuhova N.YU., Gorbachev R.V. Renewal of plowshares durability. *Sel'skij mekhanizator*. 2013. No 2, pp. 34–35 (in Russ.).
5. Sidorov S.A., Mironov D.A. The rationale for improving the operational and resource characteristics of plowshares. *Sel'skohozyajstvennyye mashiny i tekhnologii*. 2013. No 6, pp. 14–17 (in Russ.).
6. Tkachev V. N. Induction surfacing of working bodies of tillage machines. *Povyshenie iznosostojkosti rabochih organov pochvoobrabatyvayushchih mashin*. Rostov-na-Donu: CBTI, 1962, pp. 16–20 (in Russ.).
7. Mihal'chenkov M.A., Yakushenko N.A. *Sposob uprochnyayushchego vosstanovleniya pluzhnogo lemekha* [The method of hardening recovery of plowshare]. Patent Rossii No 2544214. 2015. Byul. No 7.
8. Kozarez I.V., Torikov V.E., Mihal'chenkova M.A. Analysis and features of the wear of plowshares of various designs and the dynamics of their wear. *Trudy inzhenerno-tekhnologicheskogo fakul'teta Bryanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015. No 1, pp. 126–154 (in Russ.).