

$$Y_{\text{пэм}} = \sum q_{ij} \alpha_j, \quad (11)$$

где  $\alpha_j$  – энергетический эквивалент здания,  $\alpha_1 = 5025 \text{ МДж/м}^2$ .

Энергоемкость производственных помещений для нового и базового оборудования равна

$$Y_{\text{пэмб}} = 5 \cdot 10^{-5} \cdot 5025 = 0,25 \text{ МДж/т},$$

$$Y_{\text{пэмм}} = 4,2 \cdot 10^{-5} \cdot 5025 = 0,21 \text{ МДж/т}.$$

После подстановки полученных значений суммарные удельные затраты энергии будут равны

$$Y_{\text{р.б}} = 78,32 \text{ МДж/т}, \quad Y_{\text{р.н}} = 56,45 \text{ МДж/т}.$$

Коэффициент энергетической эффективности

$$K_{\text{р.н}} = \frac{56,45}{78,32} = 0,72.$$

Уровень интенсификации новой разработки определим по формуле

$$I_s = \frac{Y_{\text{р.б}} - Y_{\text{р.н}}}{Y_{\text{р.н}}} \cdot 100, \quad (12)$$

уровень интенсификации равен

$$I_s = \frac{78,32 - 56,45}{56,45} \cdot 100 = 39\%.$$

Суммарный эффект, в масштабах отрасли, при возможном объеме внедрения определим по формуле

$$\mathcal{E}_n = \Delta Y \cdot B, \quad (13)$$

где  $B$  – возможный объем заготовки, 1 млн. тонн.

$$\mathcal{E}_n = 21870000 \text{ МДж}.$$

Результаты оценки энергетической эффективности применения плющилки ПВ3-10 показали, что при возможном объеме заготовки плющеного фуражного зерна в размере 1 млн. тонн, суммарный эффект в масштабах отрасли составит 21,9 млн. МДж. При этом уровень интенсификации показывает снижение ресурсных затрат на 39%, что свидетельствует о высоком техническом уровне разработанной машины, и говорит о возможности ее массового внедрения.

#### Литература

- Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск: Ураджай, 1994. – 221 с.
- Шило, И.Н. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Минск: БГАТУ, 2003. – 183 с.

УДК 621.791

### УПРОЧНЕНИЕ ЛЕМЕХА ПЛУГА ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ

Антоничин Ю.Т., к. т. н., доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь

Рассматривается возможность и целесообразность упрочнения лемехов методом армирующей электродуговой наплавки. Определены оптимальные режимы наплавки и наилучшая геометрия наплавления армирующих валиков

В Республике Беларусь эксплуатируют более 56 000 плугов, лемеха которых изготавливают из сталей У8, У10, Л65, Л53. Конструктивные параметры лемехов были разработаны 30–40 лет назад. Их технический уровень и качество не удовлетворяют требованиям по прочности, износостойкости, выполнению агротехнических условий. Тем не менее, лемеха быстро изнашиваются, лезвия затупляются. Они могут иметь обломы лезвия, трещины. Ресурс лемеха зависит от скорости затупления и прочности [1]. В засушливые годы на тяжелых почвах закаленные лемеха часто ломаются, а наплавленные сормайтом гнутся в месте перехода носка в остов.

Износ рабочих органов сельскохозяйственных машин. При работе почвообрабатывающие детали подвергаются динамическим нагрузкам и абразивному износу. Быстрый износ деталей, помимо затрат средств на их ремонт и изготовление запасных частей, вызывает большие простои машин в ра-

боте. Общая потеря материала при эксплуатации объектов, изготовленных из металлов, согласно данным [2], распределяется следующим образом: на моральный износ приходится 15 %, на поломки – 15 %, остальные 70 % приходится на повреждение поверхности, из которых 55 % - износ, 15 % - коррозия. Затраты, связанные с устранением последствий абразивного износа, в развитых странах составляют от 1 до 4 % национального продукта.

Постановка задачи. Сведения о наиболее известных способах упрочнения рабочих органов сельскохозяйственной техники [2] и эффективности технологий упрочнения лемехов различными способами представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Способы упрочнения рабочих органов сельскохозяйственной техники

Способ упрочнения	Твердость покрытия, HRC	Рост стойкости по сравнению с серийными лемехами, раз
Дуговая наплавка электродами марки ОЗН-7М или ОЗН-6	55...62	1,5...2,5
Наплавка порошковыми проволоками ПП-АН-125, ПП-АН-123, порошковой лентой ЛС-У10ХГР	52...58	1,5...2,0
Индукционная наплавка сплавами "Сормайт", ПГ-С-УС-25, ФБХ-6-2	60...67	2,0

Из материалов таблицы 1 следует, что дуговая наплавка электродами обеспечивает достаточно эффективное упрочнение рабочих органов. Себестоимость упрочнения почвообрабатывающих деталей дуговой наплавкой в зависимости от их конструктивных особенностей и размеров поверхности составляет 10-20 % стоимости новой детали [3]. Важное преимущество ее состоит в использовании недорогого сварочного оборудования (сварочный трансформатор, сварочный выпрямитель), и возможности реализации в условиях сельскохозяйственных предприятий.

Цель работы – повышение дуговой наплавкой ресурса эксплуатации лемеха плуга в условиях интенсивного абразивного изнашивания.

Методика наплавки. Наплавляли электродами марки БН-300 [4] на постоянном токе обратной полярности. Величина тока для электродов диаметром 4 мм принимается в пределах 160-200 А, напряжение дуги 25 В. Электрод обеспечивает получение наплавленного металла со стабильными показателями твердости и износостойкости в широком диапазоне скоростей охлаждения. Наплавляют в нижнем и вертикальном положении поверхности наплавляемой детали, процесс ведут короткой дугой. Наплавленный металл – сталь с высокими механическими свойствами и структурной сорбитообразного перлита и столбчатого феррита. Твердость наплавленного металла зависит от скорости охлаждения: отожженный наплавленный металл имеет твердость около 160-170 НВ, а закаленный от температуры 820-840 °С – 52-55 HRC. Переход электродного металла в основной составляет 80-90 %.

Схемы наплавки. Наплавляют не всю изнашиваемую поверхность, а только путем нанесения на рабочую поверхность лемеха армирующих валиков, при ширине наплавляемого валика 3-4 мм. Валики следует наносить параллельно друг другу на расстоянии, определяемом зоной термического влияния, так как в противном случае упрочняющий эффект снижается из-за отжигающего воздействия (при близком расположении валиков) и присутствия между зонами термического влияния не упрочненной области (при значительном удалении валиков). В производственных условиях с учетом тягового сопротивления плуга и качества впашки лучшие показатели были получены для лемехов с расстоянием между валиками 30 мм.

Установлено, что оптимальная высота наплавленного валика должна составлять 1/2-2/3 толщины основы лемеха, а ширина – в 2-3 раза меньше расстояния между ними. Упрочняли по схемам, представленным на рисунке.

Вариант 1 (рисунок, а) — упрочняющие валики наплавляли перпендикулярно скосу носка лемеха, под углом 50° к режущей части с расстоянием между ними 30 мм (расстояние определяется зоной термического влияния наплавленного металла и во всех вариантах примерно одинаково).

Вариант 2 (рисунок, б) — электродный материал наплавляли параллельно скосу носка лемеха, под углом 130° к режущей части.

Вариант 3 (рисунок, в) — наплавку производили в области наибольшего износа в виде V-образных швов.

Вариант 4 (рисунок, г) — наплавляли два валика с тыльной стороны параллельно режущей части. При этом расстояние между швами составляет около 20 мм.

Вариант 5 (рисунок, д) — наложение швов в виде подковы в наиболее изнашиваемой зоне аналогично варианту 3.

Вариант 6 (рисунок, е) — для сравнения износостойкости опытных вариантов испытали лемеха в состоянии поставки.

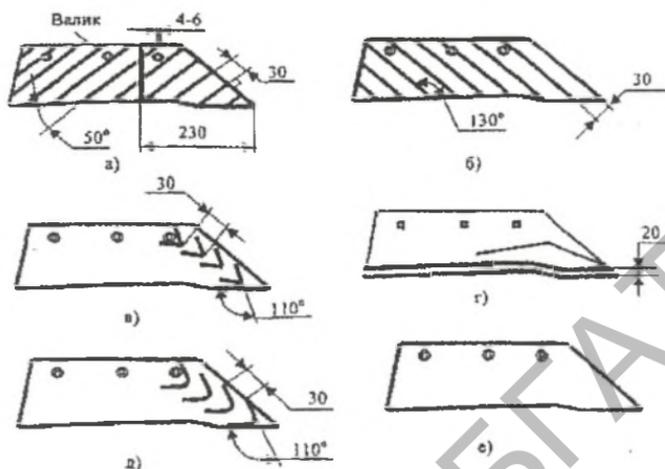


Рисунок — Схемы наплавки на лемех плуга армирующих валликов

Валики в соответствии с рисунком следует наносить параллельно на расстоянии, определяемом зоной термического влияния. Упрочняющий эффект может снижаться отжигающим воздействием (близкое расположение валиков друг к другу) и наличием между зонами термического влияния неупрочненной области (значительное удаление валиков).

Результаты наплавки. По каждому варианту наплавляли 15 лемехов. Валики накладывали перпендикулярно скосу носка лемеха под углом к режущей части  $50^\circ$ . Одновременно осуществляли наплавку пяти лемехов попеременным наложением валиков с целью снижения остаточных напряжений и уменьшения коробления (размеры лемеха были стабильны). После наплавки последней (пятой) детали первая успевает остыть до температуры  $30-50^\circ\text{C}$ . Этим достигается увеличение производительности при проведении технологических операций.

Геометрию нанесенных валиков характеризовали следующими параметрами:  $n$  - число армирующих слоев;  $\alpha$  - угол наклона валика к режущей кромке детали. При непрямолинейном валике (варианты 3 и 5) угол принимался по проведенной к основанию касательной;  $\rho$  - радиус кривизны валика (для прямолинейных швов  $\rho$  принято равным 60 мм);  $\delta$  - расстояние между валиками. Величину  $\delta$  принимали 30 мм, что обусловлено идентичностью проведения опытных работ и шириной зон термического влияния. Исключение составлял вариант 4 - когда  $\delta$  равна 20 мм, т.е. верхний валик проходил по границе закаленной области. Создание на рабочей поверхности подобной геометрической конфигурации, и повышенные механические свойства наплавленного металла и зон термического влияния позволили получить поверхность, аналогичную композиционным материалам.

Испытания наплавленного лемеха. Пахоту осуществляли тракторами пятого класса, оснащенными плугом ППЛ-8, на который устанавливали опытные детали. Испытывали на одном поле, структура земли которого - супесь. Полученные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 — Износ и наработка испытанных лемехов

Вариант упрочнения	Значение показателя упрочнения		
	$\Delta m$ , г	$S$ , га	$l^*$
1	1301	16,05-19	189
2	990,8	12,5...14	147
3	769	8...10	100
4	824	6,05...8	80
5	1050	12,8...14	149
6	978	8...10	100

Эксперименты показали, что наибольшую наработку имеют лемеха, наплавленные по схемам 1, 2 и 5. По сравнению с новыми их ресурс в среднем выше на 47...89 %.

Из материалов таблицы 2 следует, что лучшие результаты имеет геометрия наплавки по схеме 1, при которой подрезаемый пласт движется с огибанием рабочей поверхности, так как валики имеют округлую форму. Как показали опытные вспашки, в этом случае имеет место прижатие лемеха к полевой борозде, что связано со специфической геометрией движения подрезаемой почвы. Все отмеченное повышает износостойкость детали.

Геометрия армирования по вариантам 2 и 5 способствует увеличению проскальзывания абразивных частиц по поверхности, снижая коэффициент трения и уменьшая износ.

Вариант 4 показал снижение ресурса до выбраковки на 20 %, так как при такой наплавке происходит увеличение реакции на лемех со стороны полевой борозды (тыльная часть лемеха), что и приводит к росту силы трения со стороны почвы на рабочую часть.

Нарботка до выбраковки (вариант 5) не отличается от наработки в состоянии поставки. Полевые испытания показали идентичность процессов изнашивания обеих деталей, только "эллипсоид износа" в варианте 5 образовался сразу за армирующими валиками.

Испытания показали, что возрастание параметров  $n$ ,  $\rho$  и  $\delta$  приводит к увеличению износа. Возрастание  $a$  снижает склонность к изнашиванию, так как, траектория движения частиц почвы будет максимально приближаться к направлению валиков, тем самым обеспечивая более оптимальные условия для проскальзывания частиц почвы.

Эксперименты показали, что величина износа лемеха зависит от расстояния между армирующими валиками. Лучшие показатели, минимальная потеря массы (1200...1300 г) с учетом тягового сопротивления плуга, его массы, качества вспашки, были получены для лемехов с расстоянием  $\delta = 20...30$  мм.

Преимущества наплавки по сравнению с известными технологиями: увеличение эксплуатационного ресурса плужных лемехов в 2,0...2,7 раза на песчаных и супесчаных почвах и в 2,5...5,0 раз на суглинистых и глинистых почвах при вспашке старопахотных земель по сравнению со стандартными лемехами П702, изготовленными из стали Л153, 65Г. Повышение качества вспашки на протяжении всего периода работы (глубина вспашки до 0,22-0,25 м), повышение технологической устойчивости плуга, увеличение равномерности хода пахотного агрегата, отсутствие дополнительной заточки лезвия плужного лемеха. Наплавка делает лемех самозатачивающимся. В результате при вспашке таким лемехом за счет снижения тягового усилия экономия горючего (до 15 %). Использование наплавленного плужного лемеха повысило качество обработки почвы (размер фракций до 50 мм составил свыше 75 %) и ресурс работы лемеха (более 50 га). Себестоимость наплавки лемехов плуга не превышает 10...30 % стоимости новых при большем эксплуатационном ресурсе. Наплавка окупается за 3-4 месяца.

### Заключение

1. Разработана технология упрочнения лемехов методом армирующей наплавки. Определены оптимальные режимы наплавки. Наплавку выполняли электродом БН-300 постоянным током прямой полярности, сила сварочного тока 160 А. Рекомендуемая ширина наплавляемого валика 3...4 мм с расстоянием между ними 25-30 мм.

2. Оптимальной геометрией наплавления армирующих валиков является вариант 1 — нанесение валиков под углом  $50^\circ$  к режущей кромке лемеха.

3. Установлено, что минимальная потеря массы (1200...1300 г) лемехов с учетом тягового сопротивления плуга, его массы, качества вспашки достигается при расстоянии  $\delta = 20...30$  мм.

4. Себестоимость восстановленных деталей не превышает 10...20 % стоимости новых при большем эксплуатационном ресурсе. Затраты на освоение новой технологии восстановления деталей окупаются за 3-4 месяца.

### Литература

1. Сидоров С.А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1998, № 3.
2. Canale L.C.F. Abrasive wear resistance of a Fe based hard coating containing Cr and Nd // 20-th ASM Heat Treating Society Conf. St. Louis, MO USA. — 2000, p. 9...12.
3. Гук В.А. Материалы и технология наплавки деталей машин, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания // Автоматическая сварка. — 2000. - № 8. — С. 13-14.
4. Антонишин Ю.Т., Борд Н.Ю., Артохов В.А. Электрод для дуговой наплавки. Патент на изобретение РБ № 8835, БИ 2006, № 6.