

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

КАРЯГИН Владимир Алексеевич

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛЕМЕХОВ ПЛУГОВ
ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Специальность 05.20.04 –сельскохозяйственные
и гидромелиоративные машины

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов 1995

Работа выполнена в Саратовском государственном агроинженерном университете на кафедре "Технология металлов".

Научные руководители - член-корреспондент АН и АЕН РФ, доктор технических наук, профессор Аникин А.А.

- кандидат технических наук, старший научный сотрудник Бойков В.М.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор Емелин Б.Н.

- кандидат технических наук, профессор Дементьев А.И.

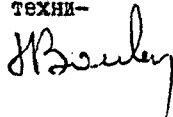
Ведущее предприятие - НПО "Элита Поволжья".

Защита диссертации состоится 14 июня 1995 года в 12 часов на заседании диссертационного совета К 120.04.02 при Саратовском государственном агроинженерном университете по адресу 410740, Саратов, ул.Советская, 60, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке САУ.

Автореферат разослан " 10 " мая 1995 года.

Ученый секретарь диссертационного совета К.120.04.02, доктор технических наук, профессор



Волосевич Н.П.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время основная обработка почвы выполняется плугами общего назначения. Производственные показатели плугов остаются низкими из-за малых сроков службы рабочих органов. Основной деталью, лимитирующей работоспособность плуга, является лемех. Износ лемеха приводит к снижению эксплуатационно-технологических показателей пахотного агрегата. Серийно выпускаемые самозатачивающиеся лемехи имеют ряд недостатков, снижающих их долговечность. Эти лемехи трудоемки в изготовлении и практически исчерпали себя в плане повышения износостойкости. В сельском хозяйстве ежегодно расходуется 14-17 миллионов плужных лемехов, на изготовление которых затрачивается 87-106 тысяч тонн стального проката. Поэтому проблема повышения надежности и долговечности плужных лемехов относится к числу важнейших проблем современного машиностроения, которая не может быть решена без применения современных материалов, технологий их получения и оптимизации параметров, определяющих работоспособность лемеха.

Цель исследований. Повышение износостойкости и снижение стоимости лемехов плугов общего назначения за счет применения высокопрочного чугуна и способа его упрочнения.

Объекты исследований. Физико-механические свойства материала, применяемого для изготовления лемехов, серийные самозатачивающиеся лемехи и лемехи из высокопрочного чугуна, лемешно-отдельные плуги общего назначения, укомплектованные серийными и экспериментальными лемехами.

Научная новизна. Выявлен механизм изнашивания материала лемеха в абразивной среде.

Получены аналитические выражения для определения усилий действующих на лезвие лемеха. Обоснованы закономерности износа однородного и биметаллического лезвия лемеха.

Разработан способ получения высокопрочного чугуна для изготовления лемехов (а.с. 1445240).

Разработан способ упрочнения лемехов изготовленных из высокопрочного чугуна (а.с. 117535).

Практическая ценность работы: Полученные зависимости позволяют определить усилия действующие на лезвие лемеха; оптимальные соот-

ношения физико-механических свойств материалов биметаллического лезвия; оценивать работоспособность лемеха.

Получен состав высокопрочного чугуна для изготовления лемехов и способ их упрочнения.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Теоретические основы абразивного износа материала лемеха.
2. Аналитические зависимости для определения усилий, действующих на лезвие лемеха.
3. Обоснование закономерностей износа однородного и биметаллического лемеха.
4. Экспериментальное обоснование механических свойств высокопрочного чугуна и способов упрочнения отливок лемехов.
5. Экспериментальное исследование и испытание чугунных и серийных лемехов.

Апробация. Основные положения диссертационной работы докладывались на научно-технических конференциях Саратовского института механизации сельского хозяйства (1979-1994г.г.) На международной конференции "Ремдеталь-83" (г.Киев 1983г.). На научно-техническом совете ВИСХОМ (г.Москва 1985г.) На областном научно-техническом совете агропрома (г.Саратов 1982-1987г.г.)

Чугунные лемехи экспонировались на ВДНХ СССР 1989, 1990г.г.

Внедрение. Результаты исследований реализованы на Саратовском подшипниковом заводе (ПЗ-3) и Саратовском заводе тяжелых зуборезных станков. Где по разработанной технологии были изготовлены чугунные лемехи в количестве 27000 штук, которые использовались на основной обработке почвы в хозяйствах Саратовской области.

Публикации: Основные положения и результаты исследований опубликованы в 10 работах из них в 5 отчетах по НИР, в том числе в описаниях к полученным 4 авторским свидетельствам.

Объем работы: Диссертация состоит из введения, пяти глав и общих выводов. Содержит 110 страниц основного текста, 54 рисунков 13 таблиц, список литературы из 107 наименований, 44 стр. приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, приведены основные научные и практические результаты, выносимые на защиту.

В первом разделе. "Состояние вопроса. Цель и задачи исследования" рассмотрено влияние лемеха плуга на эксплуатационно-технологические показатели работы пахотного агрегата. На энергозатраты и качество обработки почвы значительное влияние оказывает состояние лемеха корпуса плуга, работоспособность которого определяется величиной его износа. Наиболее обстоятельное изучение проблемы абразивного изнашивания отражено в работах М.М.Хрушова, И.В.Крагельского, А.Н.Розенбаума, А.Ш.Рабиновича, В.Н.Винокурова, М.М.Тенинбаума, В.Н.Виноградова и других ученых.

В настоящее время используются долотообразные, зубчатые, реберчатые, трапецевидно-симметричные, лемехи со сменным лезвием и носком. Анализ работы этих лемехов показывает, что получение эффекта самозатачивания является основным средством повышения их работоспособности. Как показали исследования, для вспашки почв у нас в стране в основном используются долотообразные самозатачивающиеся лемехи.

Были рассмотрены материалы и технологии, применяемые для изготовления лемехов. Перспективной технологией изготовления лемехов является их отливка из высокопрочного чугуна, т.е. по укороченному циклу: жидкий металл-готовое изделие. Последующая термическая обработка отливок предусматривает отжиг и упрочнение лезвия лемеха. Однако, как в теоретическом, так и в практическом плане данный вопрос проработан не в полном объеме и требует более глубоких дополнительных исследований.

На основании обзора и анализа литературных источников и в соответствии с целью работы определены следующие задачи:

1. Разработать теоретические основы абразивного износа материала лемеха.
2. Получить аналитические зависимости для определения усилий, действующих на лезвие лемеха.
3. Теоретически обосновать закономерности износа однородного и биметаллического лезвия лемеха.
4. Экспериментально обосновать оптимальные механические свойства высокопрочного чугуна.
5. Провести экспериментальные исследования и испытания чугунных и серийных лемехов в лабораторных и лабораторно-полевых условиях.
6. Дать экономическую оценку эффективности применения чугунных

лемехов.

Во втором разделе "Теоретические исследования повышения износостойкости лемехов" рассмотрены основы механизма абразивного изнашивания при взаимодействии материала лемеха с почвой. Установлено, что величина износа поверхности лемеха зависит от его шероховатости поверхности и определяется структурой металлового сплава, применяемого для изготовления лемехов, состоит из металлической основы, в которой располагаются карбидные включения. Механизм износа поверхности таких материалов состоит из двух видов: микрорезание металлической основы и вырыв карбидных включений из металлической основы. Абразивная частица, внедряясь в металлическую основу под действием внешних сил, возникающих при перемещении лемеха в почве, производит микрорезание металлической основы. При контакте абразивной частицы с карбидными включениями возможно следующее: если твердость абразива ниже твердости карбидов, то происходит разрушение абразива; при твердости абразива выше твердости карбидных включений наблюдается микрорезание карбидов, и если сила связи между карбидами и металлической основой меньше определенного значения, то происходит вырыв карбидных включений из металлической основы.

Износ лемеха является следствием взаимодействия двух контактирующих поверхностей, одна из которых состоит из частиц абразива определенной формы и размеров, а другая поверхность из металлической основы и карбидных включений.

Установлено, что в процессе микрорезания происходит срез металлической основы вокруг карбидного включения, что приводит к уменьшению силы связи металлической основы с карбидными включениями и увеличивается величина выступающей части карбидного включения над поверхностью резания.

Величина высоты срезаемого слоя металлической основы абразивной частицей при микрорезании определяется следующим выражением:

$$h = a / z \cdot [\tau] \quad (1)$$

где a - продольная сила резания;
 z - величина, характеризующая размер абразивной частицы;
 $[\tau]$ - предельные напряжения сдвига материала металлической основы.

Усилие, необходимое для зрыва карбидной частицы определяется по выражению:

$$P_2 = S \cdot C \cdot K, \quad (2)$$

где S - площадь поверхности контакта карбидной частицы с металлической основой;
 C - удельная сила сцепления карбида и металлической основы;
 K - коэффициент, характеризующий величину внедрения карбида в металлическую основу.

Из выражения 1; 2 видно, что для описания процесса износа материала лемеха в абразивной среде необходимо знать с какой силой воздействует абразивная среда на материал. Для этих целей было рассмотрено тяговое сопротивление лемеха плуга при взаимодействии его с почвой (рис.1).

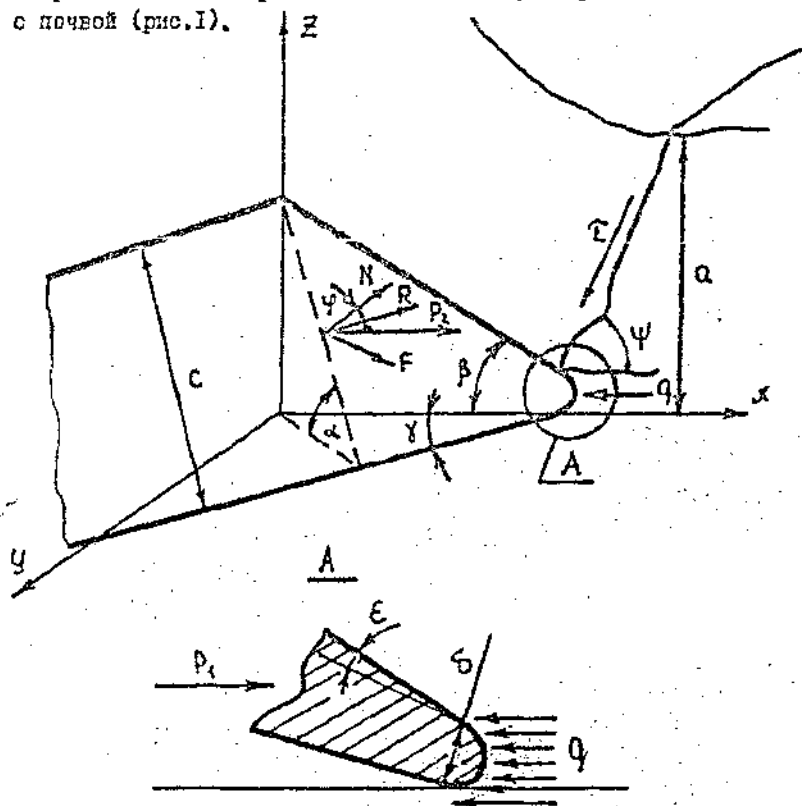


Рис.1. Схема взаимодействия лемеха с пахотным слоем.

Тяговое сопротивление лемеха в общем виде можно представить:

$$P_n = n \cdot P_k, \quad (3)$$

где P_n - тяговое сопротивление плуга;
 n - число корпусов;
 P_k - тяговое сопротивление корпуса плуга.

откуда
$$P_A = 0,9 P_k \quad (4)$$

где P_A - тяговое сопротивление лемеха.

тогда
$$P_A = (P_1 + P_2 + P_3 + P_4), \quad (5)$$

где P_1 - усилие, возникающее при перемещении лезвия лемеха в почве;
 P_2 - усилие, возникающее при разрушении почвы рабочей поверхностью лемеха;
 P_3 - усилие, возникающее при подъеме разрушенного пласта;
 P_4 - усилие, возникающее при преодолении инерции разрушенного пласта лемехом.

Усилия P_2 , P_3 и P_4 могут быть определены на основании положений теоретической механики и теории разрушения материалов, тогда:

$$P_1 = P_A - (P_2 + P_3 + P_4); \quad (6)$$

где $P_2 = a \cdot d \cdot \tau_n \cdot K_2$;
 $K_2 = \cos \varphi / \sin \epsilon \cdot \sin \psi \cdot \sin \gamma \cdot \sin \alpha$;

$$P_3 = j \cdot a \cdot d \cdot g \cdot c \cdot K_3$$

$$K_3 = \cos^2 \beta \cdot \sin(\alpha + \varphi) / \cos \varphi$$

$$P_4 = 2j \cdot a \cdot c \cdot V^2 \cdot K_4 / g$$

$$K_4 = \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \varphi) / \cos \varphi$$

a - глубина обработки почв;
 d - ширина захвата лемеха;
 τ_n - предельные напряжения сдвига почв;
 j - плотность почв;
 g - ускорение свободного падения;
 V - скорость движения пахотного агрегата;
 c - ширина лемеха.

Интенсивность износа такого лезвия будет описываться следующим выражением

$$U = \tau \cdot e^2 \cdot \delta \cdot \lambda \cdot V / n \cdot [\tau_1] \cdot Z \cdot \sin \psi ; \quad (8)$$

где $\tau = 0.5 q \cdot \sin 2\psi$

- q - сила удельного давления, действующая на лезвие лемеха;
 e - длина лезвия лемеха;
 δ - толщина лезвия лемеха;
 n - число абразивных частиц, находящихся в контактном слое;
 ψ - угол между лобовым сечением и гранью клина;
 $\lambda = S_w / S_w -$ коэффициент, характеризующий количество карбидных включений на единицу площади микрошлифа;
 S_w - площадь микрошлифа сплава;
 S_k - площадь микрошлифа, занятая карбидными включениями.

Было установлено, что удельное сопротивление разрушения почвы симметричным лезвием в два раза ниже, чем у асимметричного. Следовательно, износ асимметричного лезвия согласно выражения (8) будет меньше. Это положение определяет форму лезвия современных лемехов. Для обеспечения сохранения асимметричной формы лезвия необходимо, чтобы износостойкость материала поверхностей лезвия лемеха была различной, т.е. лезвие лемеха должно быть биметаллическим, и состоять из двух различных по физико-механическим свойствам материалов. Материал, интенсивность износа которого выше, обычно является основным материалом лемеха, а материал с максимальной износостойкостью - упрочненным слоем. Асимметричная форма лезвия (рис. 3) будет сохраняться в том случае, когда интенсивность износа основного материала и упрочненного слоя будет одинакова, закономерность такого лемеха описывается следующим уравнением:

$$T \cdot 2\psi(1 + \mu) / \delta_1 [\tau_1] = HB_2 / [\tau_2] \cdot \sin \psi_2 \cdot HB_1 ; \quad (9)$$

- где T - наработка лемеха;
 $\mu = \Delta\delta / \delta$ - относительный износ основного материала лемеха;
 δ_1 - толщина основного металла лезвия;
 $[\tau_1]$ - предельные напряжения сдвига основного материала;
 $[\tau_2]$ - предельные напряжения сдвига упрочненного слоя;
 HB_2 - твердость упрочненного слоя;

HV_1 - твердость основного материала;
 γ_2 - угол между лобовым сечением и гранью клина упрочненного слоя.

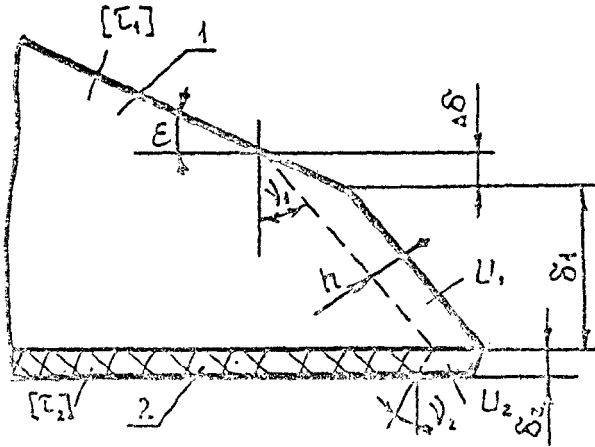


Рис.3. Схема биметаллического лезвия лемеха.

1. Основной металл лезвия. 2. Упрочненный слой лезвия

Полученное уравнение позволяет при заданных физико-механических свойствах материалов лезвия лемеха и почвы рассчитать оптимальные параметры лезвия лемеха, а также прогнозировать работоспособность лемеха в процессе эксплуатации. Было установлено, что главным фактором, определяющим износ лемеха, является твердость и соотношение твердостей основного материала и упрочненного слоя.

В третьем разделе "Программа и методика исследований" содержится программа экспериментальных исследований, изложены общие и частные методики исследований.

Контроль микроструктуры высокопрочного чугуна производился на образцах в металлографической экспресс-лаборатории по ГОСТ3443-77.

Средделение механических свойств чугуна проводилось путем испытания образцов, изготовленных из трепф по ГОСТ 1497-73 и ГОСТ9454-78. Лабораторные исследования лемехов проводились на круговом почвенном канале в условиях УкрНИИСКХМ, (г.Харьков) по совместно разработанной методике. Лабораторно-полевые исследования и испытания лемехов проводились по программе и методике, изложенной по ГОСТ 7041-80. "Испытания сельскохозяйственной техники, плуги и ма-

шины для глубокой обработки почвы". Агротехническая и энергетическая оценка пахотных агрегатов, укомплектованных серийными и чугуными лемехами проводилась по ГОСТ 70.4I-80 "Испытания сельскохозяйственной техники".

Экономические расчеты проводились в соответствии требованиям ГОСТ 23728-79, ГОСТ 2373-79 "Техника сельскохозяйственная, Методы экономической оценки".

В четвертом разделе "Результаты экспериментального исследования высокопрочного чугуна, лабораторных и лабораторно-полевых исследований и испытаний чугунных лемехов".

Определялось оптимальное количество вводимого в чугун модификатора и исследование влияния его на микроструктуру, физико-механические свойства и проводилось на сплавах, в которых РЗМ менялся от 0 до 0,30% через 0,05%.

В качестве исходного материала выбран усредненный состав серого чугуна. Его химический состав: C=3,2-3,6%; Si =2,2-2,9%; Mn =0,6-0,8%; P до 0,2%; S до 0,12%. Изменение физико-механических свойств исходного чугуна при вводе РЗМ даны на рис.4.

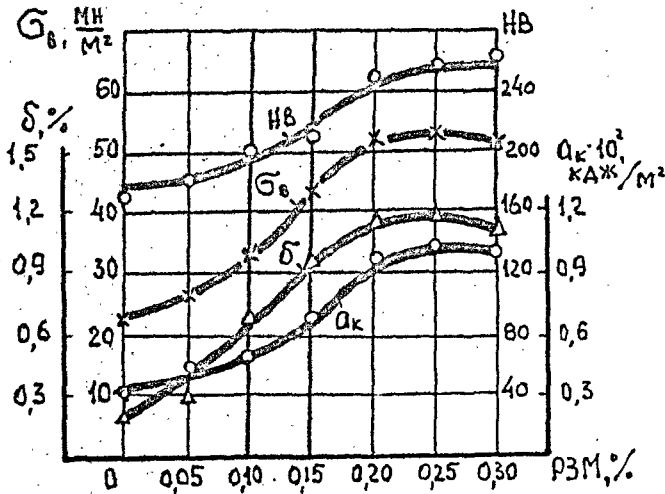


Рис.4. Изменение механических свойств чугуна от количества введенного модификатора

Анализ полученных результатов показывает, что оптимальное количество вводимого модификатора находится в пределах 0,20-0,22% при этом чугун будет иметь следующие физико-механические свойства. $\sigma_s = 55 \text{ МПа/м}^2$; $\delta = 1,3\%$; $\alpha_k = 1 \cdot 10^2 \text{ кДж/м}^2$; HB = 250.

Исследованиями установлено, что модифицирование чугуна способствует повышению его износостойкости, при этом максимальная износостойкость данного материала достигается при вводе модификатора в количестве 0,17-0,22%.

Полученный высокопрочный чугун использовался для отливки лемехов к плугам общего назначения. Отливки подвергались последующей термической обработке по разработанным режимам, после чего их механические свойства были следующими $\sigma_s = 55 \text{ МПа/м}^2$; $\delta = 1,3\%$; $\alpha_k = 2 \cdot 10^2 \text{ кДж/м}^2$; HB = 150.

Для обеспечения samozатачиваемости лезвия лемеха его тыльная сторона подвергалась упрочнению электрической дугой угольного электрода. Новизна материала лемеха и способа его упрочнения подтверждена авторскими свидетельствами а.с. №117538 и а.с. №1445240.

В лабораторных условиях проводились исследования и сравнительные испытания серийных объемно-закаленных, серийных с наплавкой "Сормайт", стальных лемехов с вальцованным лезвием и лемехов из высокопрочного чугуна с упрочнением тыльной стороны лезвия электрической дугой угольного электрода.

В результате исследований было установлено, что интенсивность роста толщины лезвия чугунных лемехов в 1,2-1,4 раза меньше, чем у вальцованных и серийных наплавленных лемехов, и в 1,5-1,9 раза меньше серийных с объемной закалкой. Полученные в процессе испытаний результаты для серийного наплавленного и чугунного лемехов использовались для проверки теоретических исследований (рис. 5 и рис. 6).

Экспериментальные и теоретические зависимости имеют одинаковую закономерность, расчетные теоретические значения не выходят за пределы доверительного интервала при двухсторонней доверительной вероятности 0,95, что подтверждает достоверность теоретических результатов.

Сравнительные исследования и испытания чугунных и серийных лемехов проводились в лабораторно-полевых условиях. Предварительными исследованиями пахотных агрегатов, укомплектованных серийными

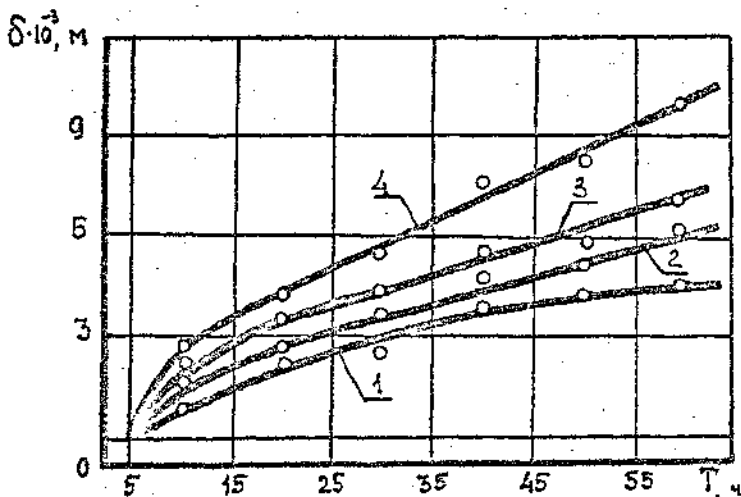


Рис. 5. Зависимость роста толщины лезвия от наработки

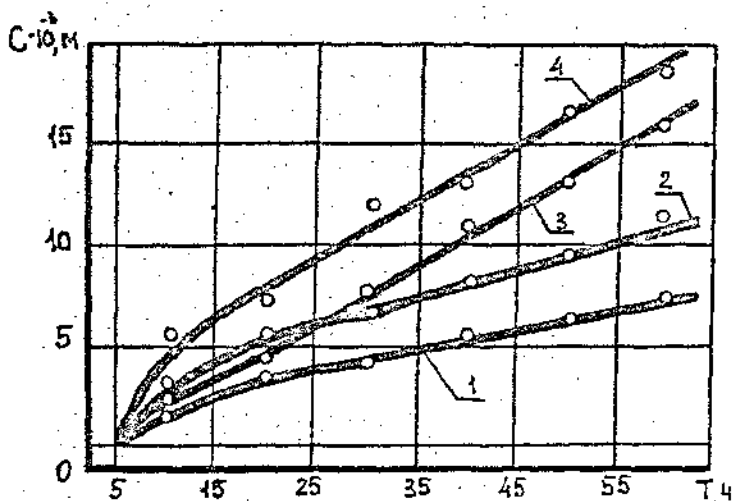


Рис. 6. Зависимость износа лемеха по ширине от наработки
 1. Чугунный. 2. Стальной с вальцованным лезвием.
 3. Стальной с наплавкой. 4. Стальной объемно-закаленный.

и чугунными лемехами, было установлено, что износостойкость чугунных лемехов ориентировочно в 2 раза выше серийных. В период с 1985–1988 год проводились предварительные и приемочные государственные испытания чугунных лемехов, упроченных электрической дугой на Поволжской МЭС, Центрально-черноземной МЭС, Южно-Украинской МЭС и в КубНИИТиле. Испытания чугунных лемехов проводились в сравнении с серийными долотообразными лемехами, как в оптимальных, так и экстремальных условиях их работы.

В процессе испытаний лемехов (1987г.) на Поволжской МЭС были получены следующие результаты (рис. 7.8.9).

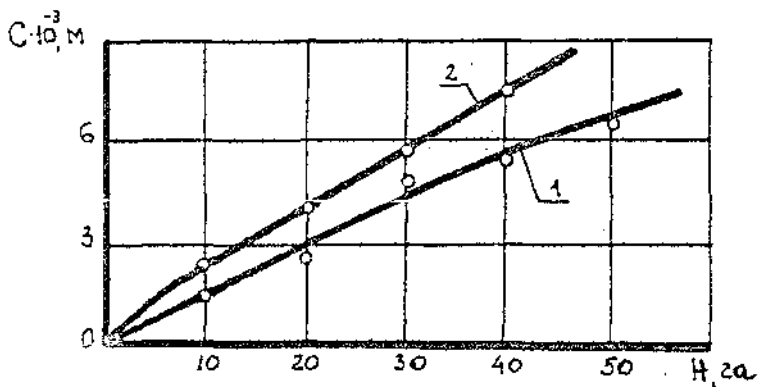


Рис. 7. Результаты сравнительных испытаний лемехов на Поволжской МЭС. (Износ лемеха по ширине.)

Удельные показатели по износу длины носка лемеха, износу лемеха по ширине и потере массы у чугунных лемехов соответственно составляли $10^{-3} \cdot 0,83\text{м/га}$; $10^{-3} \cdot 0,14\text{м/га}$; $10^{-3} \cdot 0,18\text{ кг/га}$ у серийного лемеха, соответственно $10^{-3} \cdot 1,98\text{м/га}$; $10^{-3} \cdot 0,19\text{м/га}$; $10^{-3} \cdot 10\text{ кг/га}$.

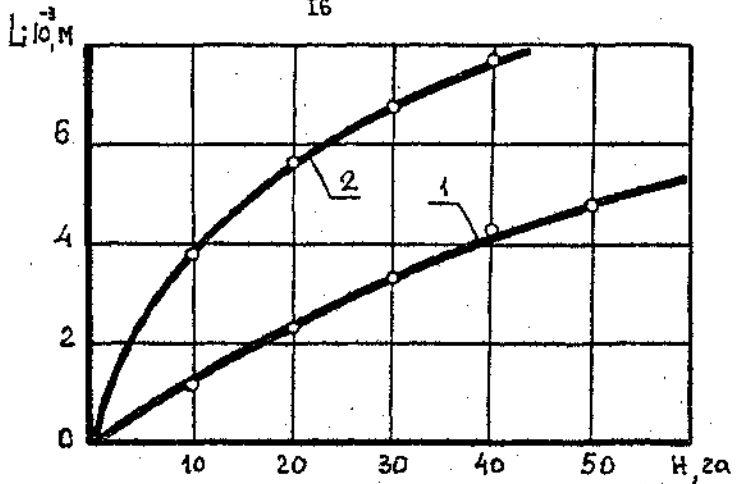
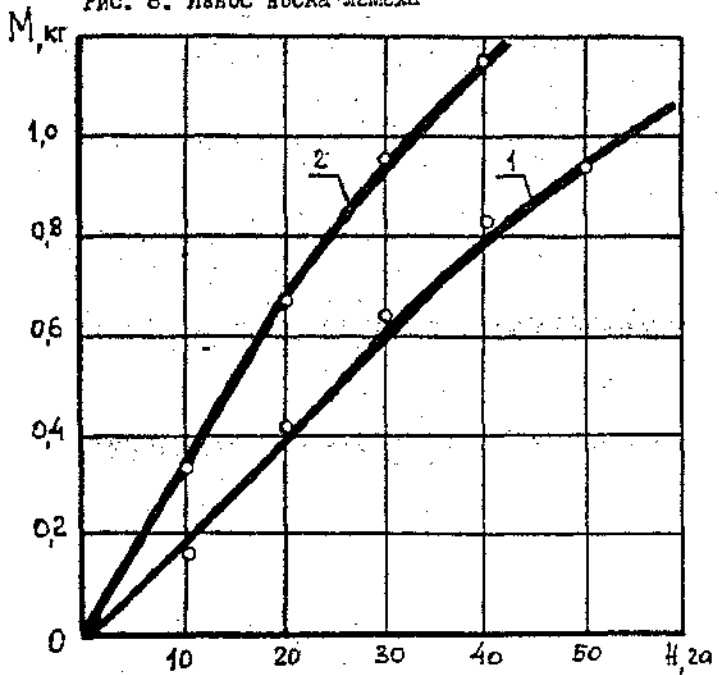


Рис. 8. Износ носка лемеха

Рис. 9. Абсолютная потеря массы лемеха
1. Чугунный. 2. Стальной

Чугунные лемехи имеют удовлетворительную самозатачиваемость и по сравнению с серийными (наработка 39 гектар) обеспечивают повышенную износостойкость и прочность (наработка 61 гектар).

Поволжская МИС рекомендовала представить чугунные лемехи на приемочные государственные испытания.

Эксплуатационно-технологические испытания пахотных агрегатов показали, что плуги, укомплектованные серийными и чугунными лемехами, имеют одинаковые энергетические и качественные показатели.

В пятом разделе " Результаты производственного использования и оценка экономической эффективности применения чугунных лемехов". Приводятся результаты хозяйственных испытаний пахотных агрегатов, укомплектованных чугунными лемехами, в хозяйствах Саратовской области. Мероприятия по организации изготовления чугунных лемехов в условиях конструкторского производства (Саратовского завода тяжелых зуборезных станков).

Даны расчеты себестоимости изготовления серийных и чугунных лемехов и оценка экономической эффективности применения лемехов из высокопрочного чугуна в пахотных агрегатах.

Результаты расчета экономической эффективности отражены в общих выводах.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Механизм абразивного изнашивания основан на взаимодействии абразивных частиц с металлической поверхностью лемеха и определяется микрорезанием металлической основы, вырывом карбидных включений и силами, действующими на абразивную частицу.

2. Теоретически установлено, что усилия, возникающие на лезвии лемеха при его движении в почве, пропорциональны площади лобового сечения лезвия и зависят от его формы. Изменение площади лобового сечения лезвия сопровождается увеличением сил давления на лезвие со стороны почвы.

3. Под действием сил, приложенных к лемеху, происходит его абразивный износ, увеличивающийся, в основном, толщину лобового сечения лезвия. Закономерности износов однородного и биметаллического лемеха различны вследствие наличия у биметаллического лемеха упрочненного слоя, толщина которого определяет форму лезвия

в процессе изнашивания и влияет на интенсивность его износа.

4. Полученное уравнение износа биметаллического лезвия описывает связь физико-механических свойств основного материала и упроченного слоя и устанавливает зависимость приращения толщины лобового сечения от наработки и скорости движения агрегата.

Минимальный износ лезвия достигается при максимальной твердости упроченного слоя, при этом твердость основного материала должна быть в четыре раза ниже.

5. Экспериментальными исследованиями установлено, что для изготовления лемехов целесообразно применять высокопрочный чугун следующего химического состава:

$C = 3,4-4,2\%$; $Si = 2,2-2,8\%$; $Mn = 0,2-0,4\%$; $Ce = 0,18-0,48\%$;
 $La = 0,009-0,024\%$; $\Sigma P_2 + Nd = 0,009-0,024\%$; Fe -остальное;
 с механическими свойствами $\sigma_B = 55 \text{ мн/м}^2$; $\delta = 0,1,3\%$;

$\alpha_k = 1,0 \cdot 10^2 \text{ кдж/м}^2$ HB -140-155. Отливки лемехов должны подвергаться термической обработке - отжигу, а лезвия лемехов, для повышения износостойкости и самозатачивания, должны упрочняться электрической дугой угольного электрода. Новизна материала лемеха и способов его упрочнения подтверждена авторскими свидетельствами (а.с. № 686214, а.с. 117538, а.с. №1445240, а.с. № 1617013).

6. Испытания чугунных лемехов на машиноиспытательных станциях показали:

долговечность лемехов, изготовленных из высокопрочного чугуна, в 1,58 раз выше серийных;

плуги, укомплектованные чугунными лемехами, по качественным и энергетическим показателям не уступают плугам, укомплектованным серийными лемехами.

7. Экономическими расчетами установлено, что себестоимость лемеха, изготовленного из высокопрочного чугуна, на 33% ниже себестоимости серийного.

Экономический эффект от внедрения предлагаемых лемехов из расчета выпуска 100000 лемехов в год составит 2067 миллионов рублей (по ценам 1995г.).

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих

работах:

1. Исследование и разработка технологии изготовления литых чугунных лемехов. Отчет по НИР 1981 год гос.рег.018600150070 Инв. 023500360124,-Саратов, 40с. (соавторы Аникин А.А., Глинский А.Е., Хотинский В.А.).
2. Исследование и разработка технологии изготовления литых чугунных лемехов. Отчет по НИР 1982 год. гос.рег.018600150080 Инв. 02870020368,-Саратов, 30с. (соавторы Аникин А.А., Глинский А.Е., Хотинский В.А.).
3. Исследование и разработка технологии изготовления литых чугунных лемехов. Отчет по НИР 1984 год гос.рег.018600150070 Инв. 0288034151,-Саратов, 40с. (Соавторы Аникин А.А., Глинский А.Е., Хотинский В.А.).
4. Исследование и разработка технологии изготовления литых чугунных лемехов. Отчет по НИР 1987 год. гос.рег.018600150070 Инв.0288034164 -Саратов, 65с. (Соавторы Аникин А.А., Глинский А.Е., Хотинский В.А.).
5. Исследование РЗМ с целью их рационального использования в отраслях народного хозяйства и создания высококачественных сплавов со служебными свойствами, превышающими существующие в 1,5-2 раза. Отчет по НИР за 1988 год. гос.рег.1066450. Инв. 0040791.-Саратов, 22с. (Соавторы Аникин А.А., Глинский А.Е., Хотинский В.А.).
6. Лемех из чугуна. Степные просторы, 1986, №8
7. А.с. № 686214 СССР. Химический состав порошковой проволоки. Для служебного пользования. (Соавторы Аникин А.А., Любич А.И.).
8. А.с. №117538 СССР. а.с. 21ДБ/00. Способ получения износостойкого слоя на чугунных изделиях. Оpubл.07.08.85. Бюл. №29. (Соавторы Аникин А.А., Елютин С.Б.).
9. А.с. №1145240 СССР. А.1.С21Д/5. Чугун. Для служебного пользования. (Соавторы Аникин А.А. и др.).
10. А.с. №1617013 СССР А1С21Д/00. Способ изготовления чугунных изделий. Оpubл. 30.12.90. Бюл.№48. (Соавторы Бойков В.М. и др.).