

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра эксплуатации и ремонта машин

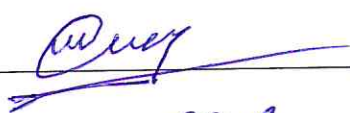
Направление подготовки – 35.04.06 «Агроинженерия»

Магистерская программа – «Технический сервис в сельском хозяйстве»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

ТЕМА: РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ
ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ
НАПЛАВКОЙ

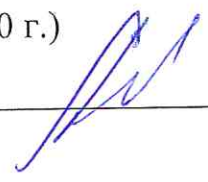
Студент магистратуры  Ситдииков Ш.Р.

Научный руководитель,
д.т.н., доцент  Калимуллин М.Н.

Рецензент
к.т.н., доцент  Лушнов М.А.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к защите

(протокол № 20 от 08.06 2020 г.)

Зав. кафедрой, профессор  Адигамов Н.Р.

Казань-2020

АННОТАЦИЯ

к выпускной квалификационной работе

Ситдикова Ш.Р. на тему:

«Разработка и обоснование восстановления рабочих органов
почвообрабатывающих машин электродуговой наплавкой»

Выпускная квалификационная работа выполнена на 87 страницах. Она содержит 17 таблиц и 31 рисунков. Список использованной литературы состоит из 97 наименований.

В первой главе рассмотрены условия работы рабочих органов почвообрабатывающих машин. Проанализированы существующие способы повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Во второй главе рассмотрены сущность и определены основные параметры взаимодействия рабочих органов с почвой.

В третьей главе изложена программа и методика экспериментальных исследований. Изложена методика определения абразивной износостойкости в лабораторных условиях, твердости упрочненных деталей.

Четвертая глава посвящена результатам экспериментальных исследований. Приведены результаты исследований и их интерпретация.

Получены экспериментальные данные влияния параметров процесса на качество обработки.

Работа оканчивается заключением.

ANNOTATION

to graduate qualification work

Sitdikova Sh.R. on the topic:

“Development and justification for the restoration of the working bodies of tillage machines by electric arc welding”

Graduation paper completed on 87 pages. It contains 17 tables and 31 figures. The list of used literature consists of 97 items.

The first chapter discusses the working conditions of the working bodies of tillage machines. Existing methods for increasing the resource of working bodies of tillage machines are analyzed.

The second chapter discusses the essence and defines the main parameters of the interaction of working bodies with soil.

The third chapter sets out the program and methodology of experimental research. The methodology for determining abrasion resistance in laboratory conditions, the hardness of hardened parts.

The fourth chapter is devoted to the results of experimental studies. The research results and their interpretation are presented.

Experimental data on the influence of process parameters on processing quality are obtained.

The work ends with a conclusion.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	8
1.1 Условия работы рабочих органов почвообрабатывающих машин. Факторы, влияющие на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	8
1.2 изнашивающая способность почв различных составов.....	11
1.3 Анализ механизма абразивного изнашивания рабочих органов.....	14
1.4 Анализ существующих способов повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	17
1.5 Применение износостойких материалов для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	22
1.6 Выводы.....	23
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН.....	25
2.1 Анализ взаимодействия рабочих органов с почвой и характера изнашивания рабочих органов.....	25
2.2 Анализ характера изнашивания самозатачиваемых лезвий.....	28
2.3 Определение рационального способа восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин.....	30
2.4 Виды и стадии изнашивания пар трения.....	32
2.5 Закономерности абразивного изнашивания материалов о почву.....	34
2.6 Определение динамики изнашивания и долговечности.....	37
2.7 Повышение эффективности использования материала рабочих органов за счет обеспечения их равностойкости.....	40
2.8 Выводы	43
3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	44
3.1 Расходные материалы для упрочнения.....	45

3.2 Методика определения абразивной износостойкости в лабораторных условиях.....	45
3.3 Методика определения абразивной износостойкости в полевых условиях.....	49
3.4 Методика определения твердости упрочненных деталей.....	51
3.5 Определение необходимого количества упрочненных и серийных стрелчатых лап при их исследовании.....	52
3.6 Определение ошибки экспериментов и их повторности опытов.....	52
3.7 Вывод.....	54
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	55
4.1 Результаты исследования твердости наплавленных слоев и определения износостойкости.....	55
4.2 Результаты исследования абразивной износостойкости упрочняющих материалов в лабораторных условиях.....	58
4.3 Исследование зависимости износа материалов от давления.....	61
4.4 Результаты исследований наплавленных и серийных рабочих органов на износостойкость в полевых условиях.....	63
4.5 Результаты сравнительных эксплуатационных испытаний рабочих органов.....	69
4.6 Результаты агротехнической оценки.....	69
4.7 Экономическая эффективность внедрения упрочнения стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий.....	71
4.8 Выводы.....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	76
ЛИТЕРАТУРА.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин различными способами наплавки, при условии того, что во многих не больших организациях есть ограниченность материальных и энергетических средств, ведет к экономии высококачественного металла, ГСМ, природных ресурсов и к охране окружающей среды, в результате продления срока эксплуатации изношенных или новых упрочнённых деталей [1].

В связи с развитием сельскохозяйственных предприятий, возникла проблема восстановления и упрочнения деталей, подверженных быстрому выходу из строя, из-за постоянного контакта с почвой. Основными агрегатами контактирующими с почвой в сельскохозяйственной технике являются: диски борон, стрелчатые лапы культиваторов, сошники, наральники, лемеха плуга и др. [1].

От интенсивного износа страдают не только землеобрабатывающие предприятия, но и льноперерабатывающие, мясоперерабатывающие, дорожно-строительные и др.

С помощью восстановления и упрочнения деталей различными способами, можно получить рабочие поверхности любой толщины, любого химического состава, высокого показателя твердости, износостойкости и т.д.

В России повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающей техники является острой проблемой. Это подтверждается следующим, в сельском хозяйстве РФ по данным министерства сельского хозяйства, имеется 607 тыс.ед. посевных комплексов в том числе, большое количество из которых иностранная техника. Если учесть, что за 2015 год зерновые сеялись на 1570980га, из них 1155850га посевными комплексами, получается, что 73% от всего посева, осуществлялось с использованием различных посевных комплексов. А рабочие органы (лапы) менялись по 3-6 раз в зависимости от условий работы и наработки за весь период посева, это приводит к очень большому финансовым расходам. При затуплении лезвий, производят заточку,

но это быстро приводит к полному их износу. Многие предприятия производящие рабочие органы сельскохозяйственных машин, применяют объемную завалку, но это ведет к уменьшению износостойкости деталей почвообрабатывающей техники и самозатачивания. Эту проблему можно решить увеличив срок службы деталей.

Повышение надежности и долговечности сельскохозяйственной техники, является одним из самых важных аспектов, для обеспечения страны продовольствием сельского производства [2,3,7,12-14,20-22,63-65]

Целью настоящей работы является повышение износостойкости стрельчатых лап посевного комплекса Mohn Concept 2000 нанесением твердых сплавных покрытий на режущих поверхностях рабочих органов.

Объектом исследования являются упрочненные рабочие органы посевного комплекса Mohn Concept 2000.

Практическая ценность работы заключается в разработке и внедрении технологии восстановления рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, ориентированной на реальные условия эксплуатации техники, в получении покрытий с высокими физико-механическими характеристиками.

Основные положения диссертационной работы были доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов Казанского ГАУ (2019–2020 гг.).

Основное содержание диссертации, результаты исследований отражены в 2 статьях в трудах международной конференции.

Работа выполнена на кафедре «Эксплуатация и ремонт машин» ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет».

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Условия работы рабочих органов почвообрабатывающих машин. Факторы, влияющие на износ рабочих органов почвообрабатывающих машин

Рабочие органы почвообрабатывающих и посевных машин работают в тяжелых условиях. Характеристикой является то, что нагрузка достигает 7000...10000 Н на деталь и высокие удельные (износные) нагрузки. Данное значение на определенных поверхностях достигают 0,8 МПа [2].

Следует отметить, что на работоспособность рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин влияют такие факторы, как конструктивность, вид термообработки, технологичность.

Все три фактора, связаны между собой. Невозможно, например, создание работоспособных и тонких лезвий рабочего органа, без использования качественной стали и термомеханической обработки.

В условиях эксплуатации рабочих органов в каменных почвах, важной характеристикой является также показатели прочности.

Например, у стрельчатых лап культиваторов глубина эксплуатации 6...15 см. При обработке почвы эти рабочие органы проявляют себя с капризной стороной, поэтому необходимо соблюдать условие «скользящего резания». Когда выбираешь угол раствора лапы, нужно иметь в виду жесткие требования. Угол β (угол трения сорняков на лезвии) должна быть меньше величины $(90^\circ - \beta)$. Угол крошения культиваторных лап для различных конструкций культиваторов должна быть 11-20° [2].

При эксплуатации, носовая часть лапы подвергается в 2,5-4 раза большей нагрузке, по сравнению с лезвийной. При этом вызывает интенсивное изнашивание носка. Это приводит к тому, что большинство лап выбраковываются. Сопротивление лап, которые установлены на культиваторе в первом ряду, превышает сопротивление второго ряда при одинаковой ширине захвата примерно в 2 раза. Это объясняется тем, что лапы первого ряда

воздействуют на еще недеформированную почву, а лап второго ряда почва частично взрыхлена лапами первого ряда в зоне перекрытий [2]. Исходя из этого, можно сказать, что на лапы 1-го и 2-го ряда влияют разные изнашивающие нагрузки.

Особенностью культиваторных лап так же является то, что они симметричные и тем самым, боковые нагрузки на рабочие поверхности стабилизируются.

При обработке почвы, влияние различных факторов эксплуатационных, установочных, геометрических параметров на нагрузки и работоспособность рабочих органов зависят от свойств почвы, и иногда носит неоднозначный характер, и определяется сложными зависимостями.

Величина нагрузки действующая на почвообрабатывающие орудия сельскохозяйственных машин, определяется по формуле академика В.П. Горячкина [3]:

$$P = G \cdot f + K \cdot a \cdot b + \xi \cdot a \cdot b \cdot V^2 \quad (1.1)$$

где $G \cdot f$ - сопротивление перемещению плуга,

$K \cdot a \cdot b$ - сопротивление резанию,

$\xi \cdot a \cdot b \cdot V$ - инерционное сопротивление отбрасываемого пласта,

G - приведенная масса плуга,

a и b - соответственно глубина обработки и ширина захвата.

Академик А.Н. Зеленин [4] выявил на кое-какие ограниченности данной формулы. По его мнению, усилие резания не прямо пропорционально площади сечения обрабатываемого пласта («срезаемой стружки»). Также А.Н. Зеленин отметил, что рост скорости обработки приводит к росту сопротивления. При этом не только повышается сила отброс пласта, но и возрастает сопротивление резанию почвы. С его мнением согласен и А.Д. Далин. Им было написано: «чтобы сжать (как вариант сдвинуть, переместить, оторвать - прим автора) известный объем грунта за более короткий промежуток времени, нужно приложить большее усилие» [4, 7].

Таким образом, можно сделать вывод, что коэффициент «K» в формуле

В.П. Горячина, не может являться постоянной величиной и зависит от множества факторов.

Рядом ученых выполнены аналитические расчеты по определению нагрузок, действующие на почвообрабатывающие орудия. В этих работах достаточно прозрачно объяснили, что нагрузка на рабочие органы меняется в зависимости от таких параметров, как глубина обработки, ширина обрабатываемого пласта, угла крошения (резания) и др. [2-10].

Одним из важнейших установочных параметров рабочих органов почвообрабатывающих машин, от которой изменяется нагрузка, является угол крошения почвы. Почти во всех видах почвообрабатывающих машин, при его увеличении, повышается нагрузка на рабочий орган, за исключением сферических дисковых рабочих органов [2,3,8].

Увы, при разработке рабочих органов почвообрабатывающих машин, не всегда возможно при снижении угла резания « β » и оставить таким же значение заднего угла резания (угла зазора). Потому что они связаны между собой выражением [6]:

$$\epsilon = \beta - i, \quad (1.2)$$

где i — угол заострения лезвия.

При увеличении глубины обработки, пропорционально увеличиваются все силы на рабочий орган. Когда увеличивается глубина обработки почвы на 1 см, сопротивление примерно увеличивается на 5-12% [6,8,16,19-21,24].

Увеличение угла заострения лезвия и толщины лезвия в процессе эксплуатации (особенно при отрицательном угле зазора и соответствующем возникновении «затылочной фаски»), нагрузка на почвообрабатывающий орган растет. С повышением толщины лезвия увеличивает нагрузку на рабочий орган на 30.. 80% [2,9,32]. Бывают даже такие случаи, что нагрузка повышается до 160% [23]. Нужно еще отметить, что затупление рабочих органов приводит к увеличению неравномерности хода по глубине до 70% и увеличивается расход ГСМ до 125%.

Бывает, что затупления лезвия не увеличивает нагрузку на рабочие

органы, но при этом происходит процесс выглубления. А это приводит к ухудшению агротехнических показателей обработки почвы. Сравнение нагрузок по их удельным значениям (по отношению к глубине обработки) не является корректным, так как твердость почвы и его глубина между собой не пропорциональны [2].

1.2 Изнашивающая способность почв различных составов

Почва состоит из трехфазной дисперсной среды (рисунок 1.1): твердой, жидкой и газообразной, которые раздроблены и перемешаны между собой [18,23].

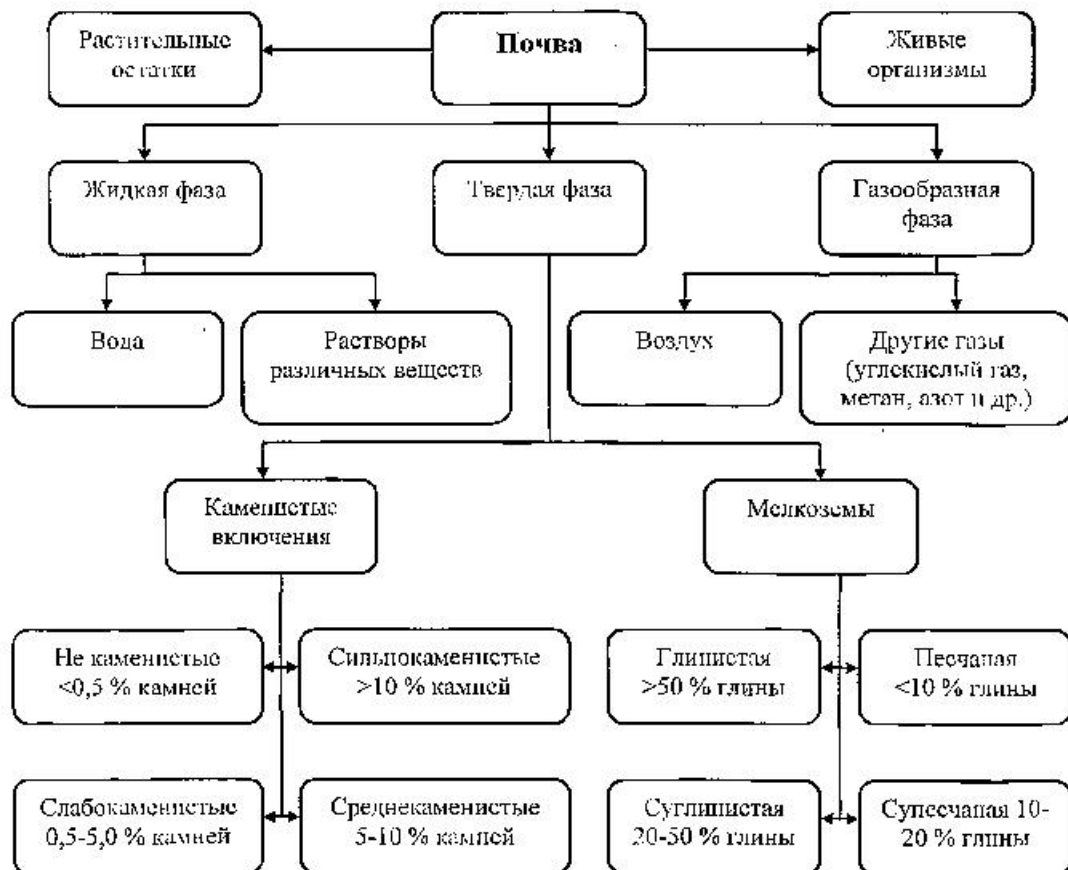


Рисунок 1.1 - Состав почвы

Сила трения направлена в сторону, противоположную скорости относительного движения.

Максимальную силу трения при скольжении определяют по формуле

[28]:

$$F_{\max} = fN = Ntg\varphi, \quad (1.3)$$

где f - коэффициент трения, N - нормальное давление, H ; φ -угол трения.

Изучением величины коэффициента трения почвы по стали занимались многие ученые [2,3,7,12-14,20-22,63-65].

Коэффициент трения меняется в зависимости от механического состава почвы. Это показано на рисунке 1.2. Где видно, что коэффициент трения глинистой почвы примерно в 2 раза выше, чем песчаной [31]

Когда влажность продолжает увеличиваться (более 30%), коэффициента трения постепенно уменьшается [31] (рисунок 1.3.).

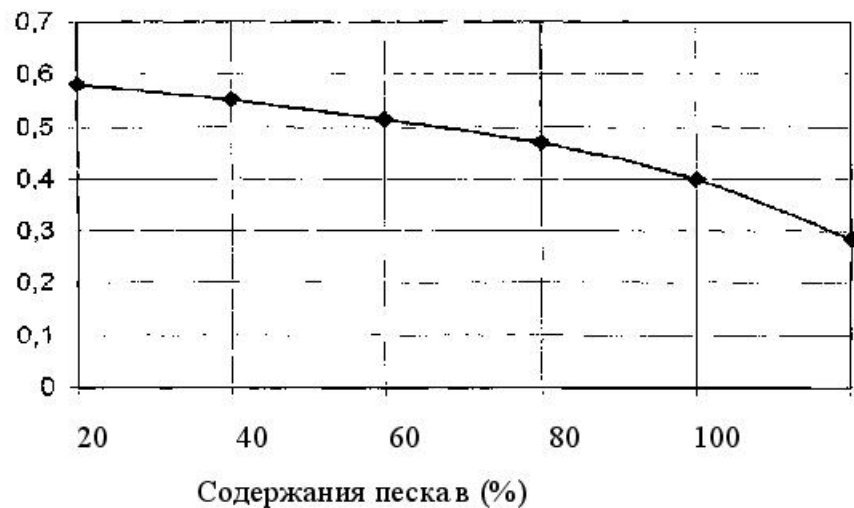


Рисунок 1.2 - Зависимость коэффициента трения (f) почвы о сталь от содержания песка

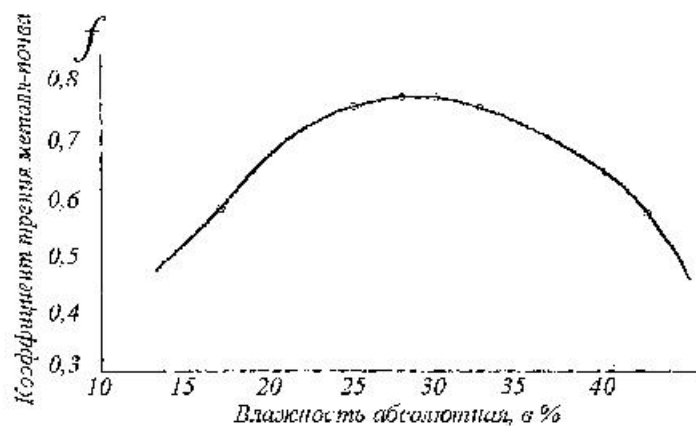


Рисунок 1.3- Зависимость коэффициента трения почва-сталь от влажности почвы

Н.А. Качинским предложена классификация почв по механическому составу (см. таблицу 1.1.) [9].

Таблица 1.1- Классификация почвы, по механическому составу

Подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно солонцеватые почвы	Подзолистого типа почвообразования	Степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	Солонцы и сильно солонцеватые почвы	Краткое название почвы по механическому составу
Содержание «физической глины» (частиц диаметром $<0,01\text{ мм}$) в %			Содержание «физического песка» (частиц диаметром $>0,01\text{ мм}$) в %			
0-4	0-4	0-4	100-96	100-96	100-96	
4-10	4-10	4-10	96-90	96-90	96-90	Песок связный
10-21	10-21	10-14	90-80	90-80	90-85	Супесь
20-30	20-30	15-20	80-70	80-70	85-80	Суглинок легкий
30-40	30-45	20-30	70-60	70-55	80-70	Суглинок средний
40-50	45-60	30-40	60-50	55-40	70-60	Суглинок тяжелый
50-65	60-75	40-50	50-35	40-25	60-50	Глина легкая
65-80	75-85	50-65	35-20	25-15	50-35	Глина средняя
>85	>85	>65	<20	<15	<35	Глина тяжелая

Примечание: если в почве есть гравий, частицы диаметры которых 1-3 мм, его причисляют к песку.

В.Н. Винокуров изучил и установил примерное распределение почв по механическому составу (см. таблицу-1.2.) [22].

Таблица 1.2 - Распределение почв по механическим разностям, млн га.

Общая посевная площадь, млн га.	В том числе				
	Супесчаные	Легкосуглинистые	Среднесуглинистые	Тяжелосуглинистые	Глинистые
220	32,1	85,4	73,7	26,2	2,6
100%	14,6%	38,8%	33,5%	11,9%	1,2%

Таблица 1.3 - Данные по интенсивности износа лемехов, отвалов и полевых досок на щебнисто-каменистых почвах (данные В.Н. Винокурова)

Характеристика почвы	Количество щебнисто-каменистых включений на 1 м	Интенсивность износа, г/га					
		Лемехов		Отвалов		Полевых досок	
		Кол-во опытов	г/га	Кол-во опытов	г/га	Кол-во опытов	г/га
Суглинистая	24	19	210,3	3	68,6	16	104,0
Торфянистая	-	8	51,0	-	-	8	17,2
Песчаная	79	32	172,5	4	65,4	-	-
Среднесуглинистая	27	27	120	-	-	12	35,2

Хотя и ученые много работали над данной работой и внесли большой вклад по изучению оценки изнашивающей способности почвы, ее математическое описание пока не разработали. Несомненно, это вызывает определенные трудности, потому что износ рабочих органов зависит не только от абразивных свойств почвы, но и от удельных давлений.

1.3 Анализ механизма абразивного изнашивания рабочих органов

Исследованию механизма абразивного изнашивания деталей машин посвящены многочисленные работы. Раскрыто влияние многих факторов на процессы изнашивания в конкретных случаях. Но все же, до сих пор многие нюансы, касающиеся данного процесса остаются не раскрытыми.

Под абразивным изнашиванием понимают разрушение поверхности деталей в результате царапания абразивными частицами. Ф. Лоренц считает, что любое изнашивание есть абразивное, так как в продукты изнашивания являются твердыми частицами, которые способствуют изнашиванию [40]. М.М. Хрущев и М.А. Бабинчев допускают, что термин "абразивное изнашивание", полностью не характеризует процессы, которые происходят при изнашивании, потому что кроме абразивных частиц на износ влияют также многие другие факторы [34,37].

Авторы по-разному толкуют процессы абразивного изнашивания.

Наиболее распространено объяснение дается к представлению абразивного изнашивания, что это результат царапания металла абразивными частицами, которые вызывают царапание поверхности детали.

Подобной трактовки придерживается ряд известных исследователей. Так, В.Д. Кузнецов также указывает, что процесс абразивного изнашивания является предельно простым и легко объяснимым. Он сводится к сумме большого числа элементарных повторяющихся актов царапания.

Вместе с изложенными точками зрения есть и другие гипотезы о механизме абразивного изнашивания. Например, И.В. Крагельский отметил, что внедрение абразивной частицы на достаточную глубину, может привести к микрорезанию материала [35].

Проверка этих положений на практике показала, что наиболее вероятным механизмом абразивного изнашивания при взаимодействии с частицами представляется многократное пластическое деформирование одних и тех же микрообъемов металла, в результате которого наблюдается усталостное разрушение поверхностного слоя металла.

Аналогичного мнения придерживается П.Н. Львов, но добавляет, что наряду с пластической деформацией металла при царапании абразивной частицы происходит отрыв хрупких структурных составляющих по мере изнашивания основы вокруг изолированного карбидного зерна. По мнению П.Н. Львова, износостойкость металла определяется износостойкостью пластичной основы.

М.М. Хрущовым и М.А. Бабичевым установлен ряд важных закономерностей абразивного изнашивания при трении поверхности деталей о шлифовальное полотно и объяснен механизм этого явления. Абразивное изнашивание материалов при трении об абразивную поверхность исследователи представили, как царапание металла множественными твердыми частицами, которые оставляют пластически выдавленные следы, а относительно небольшая часть частиц с благоприятно расположенными гранями снимает стружку [34].

При взаимодействии абразивных частиц с металлом на его поверхности развивается пластическая деформация, поэтому можно предположить, что износостойкость металла связана с его сопротивлением пластической деформации.

Многие исследователи пытались установить зависимость между износостойкостью и твердостью металла. Однако длительное время из-за несовершенства методик испытаний установить четкую зависимость между износостойкостью и твердостью не удавалось. Некоторые исследователи даже пришли к выводу, что подобная зависимость отсутствует. Так, В. Ф. Лоренц отмечал, что между износостойкостью металла лезвия и его твердостью по Роквеллу никакой закономерной связи не существует [42].

И. Ш. Белингер, В. М. Гутерман, В. Г. Колесов, Н. М. Серпик, М. М. Кантор и другие ученые на основании экспериментов установили, что твердость как механическое свойство металла не достаточно надежный критерий, чтобы оценить износостойкость.

В работах зарубежных исследователей Спекерта, Розена, Веллингера, Уэтца и С. И. Розенберга также не было установлено четкой зависимости между твердостью и износостойкостью металла [42].

Немецкому ученому Тонку удалось установить гиперболическую связь между абразивным изнашиванием и твердостью чистых металлов. Тонк получил более четкие результаты по изнашиванию образцов с шлифовальной шкуркой.

М. М. Хрущов и М. А. Бабичев выявили прямо пропорциональную зависимость износостойкости деталей от твердости по Виккерсу при медленном истирании на корундовом полотне. Они выявили, что для термически обработанных деталей износостойкость с увеличением твердости также возрастает, но значительно менее интенсивно, чем для технически чистых металлов и отожженных сталей. Также отмечено, что при увеличении содержания легирующих карбидообразующих элементов в материале эффективность ее сопротивления абразивному изнашиванию повышается. Они

исследовали также износостойкость деталей в зависимости от других механических свойств. Исходя из того, что при абразивном изнашивании основным процессом является микрорезание поверхности металла, они сопоставили сопротивление пластической деформации при небольших напряжениях с предельным сопротивлением при разрушении различных металлов и сплавов. В качестве критериев прочности приняли среднее напряжение в шейке при разрыве, являющееся предельной характеристикой прочности, временное сопротивление и пределы текучести, характеризующие сопротивление пластической деформации при сравнительно небольшой ее степени.

М.М. Тененбаум на основе анализа многочисленных работ сделал вывод, что изнашивание деталей абразивными частицами происходит путем среза, отрыва и усталостного разрушения при нарушении фрикционных контактов в упругой области и многократного деформирования, то есть образования тонкого хрупкого и непрочного слоя. При этом он также допускает химическое разупрочнение поверхности детали в результате его окисления [40].

Анализ существующих работ показывает, что для полного выяснения и раскрытия механизма абразивного изнашивания требуется провести дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования.

1.4 Анализ существующих способов повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин

Весомый вклад на процесс повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин внесли такие ученые, как Селиванов А.И., Ульман И.Е., Львов П.Н., Бернштейн Д.Б., Рабинович А.Ш., Сидоров А.И., Сидоров С.А., Рылов О.И., Рыльников Е.В., Новиков В.С. и др. [26,27,30,52,53,60].

В мире имеется множество методов восстановления и упрочнения, но не все эти методы подходят для деталей, работающих в условиях динамических и

статистических нагрузок, а так же в условиях тяжелых абразивных износов, из-за дороговизны и сложности использования материалов упрочнения и оборудования и т.д.

При производстве деталей на технику, производители используют наплавку плазмой, ТВЧ и электродуговым методом порошковыми проволоками и материалами высокой твердости содержащими карбид хрома, борид хрома, карбид бора и карбид вольфрама. Но нужно учесть тот факт, что при таких упрочняющих воздействиях разного рода материалами цены на рабочие органы возрастают примерно на 25-35% [38].

В зависимости условий применения и технологии реализации вышеизложенных методов, обеспечивает повышения износостойкости в среднем на 40-55%. Но для деталей машин, которые работают при условиях абразивного и коррозионного износа, увеличения работы до отказа в процентах не хватает, требуется увеличить срок службы в разы. Для этого, необходимо воспользоваться другими методами упрочнения.

На основании исследований ученых разных стран, получены материалы с уникальными свойствами, а также, разработаны весьма много методов нанесения этих материалов, что позволяет на высоком уровне решать, такие глобальные задачи, как создание деталей, которые будут изнашиваться очень медленно и самозатачиваться в процессе работы сельскохозяйственных машин. Решения вышеуказанных задач, даст возможность за короткие сроки, поднять конкурентоспособность выпускаемой техники и позволит обеспечивать рынок энергосберегающими технологиями.

Ремонт, производящийся заменой изношенных деталей новыми, не обеспечит не экономическую эффективность и тем самым ни качество ремонта. За последние годы, заводы выпускающие запасные части, существенно снизили качество деталей и, это привело к тому, что на рынок попало много деталей, не соответствующих техническим требованиям. Машина, которая отремонтирована с использованием таких деталей, может не удовлетворить требования покупателей. Если восстановить и упрочнить детали

износостойкими покрытиями, организациям легче будет управлять послеремонтными ресурсами техники. При этом это гарантирует независимость от стихии рынка, касающихся вопросам качества приобретаемых деталей.

Применение и создание новых методов и материалов для нанесения на рабочие органы почвообрабатывающих машин работающих в условиях абразивного износа с целью их упрочнения, является одним из основных направлений научно-технического прогресса в условиях сельского хозяйства.

Методы напыления (детонационного, газопламенного, плазменного и др.) не нашли применения в роли упрочняющего покрытия рабочих органов почвообрабатывающих машин (рисунок 1.4).

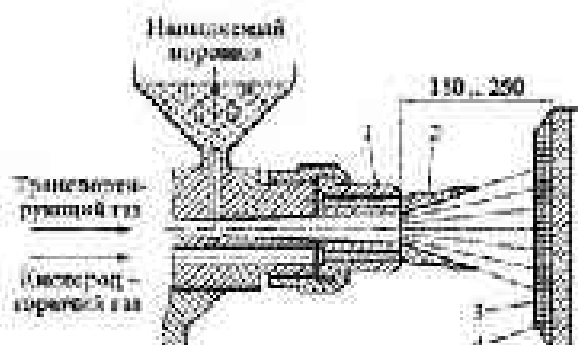
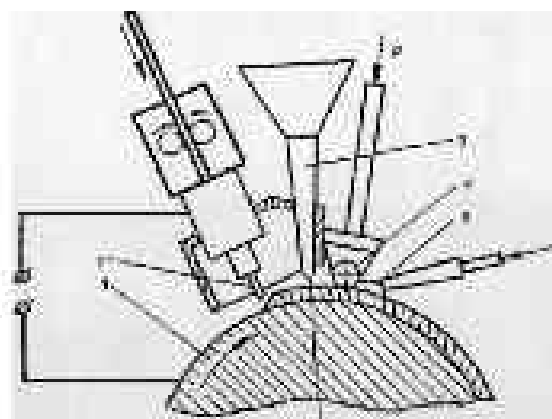


Рисунок 1.4 – Процесс газопламенного напыления

Этому предшествовала низкая прочность сцепления покрытия с основой (не более 0,7 МПа). Метод напыления с оплавлением, которая близка к наплавке, иногда используют, чтобы упрочнить и восстановить рабочие органы почвообрабатывающих машин. При этом себестоимость нанесения оплавленных покрытий остается очень высокой [45,46,58].

Электродуговая наплавка остается наиболее распространенным способом восстановления и упрочнения деталей машин. Существует несколько методов, чтобы получить покрытия дуговой наплавки.

В Болгарии предложили наплавку с помощью термомеханической обработки шва и с дальнейшей обработкой шва армированием порошковым материалом (рисунок 1.5) [41].



1 - наплавляемая деталь, 2 - плавящий электрод, 3 - бункер с армирующим порошком, 4 - вальцующий ролик, 5 - охлаждающая жидкость

Рисунок 1.5 - Получение композиционного покрытия армированием наплавленного слоя

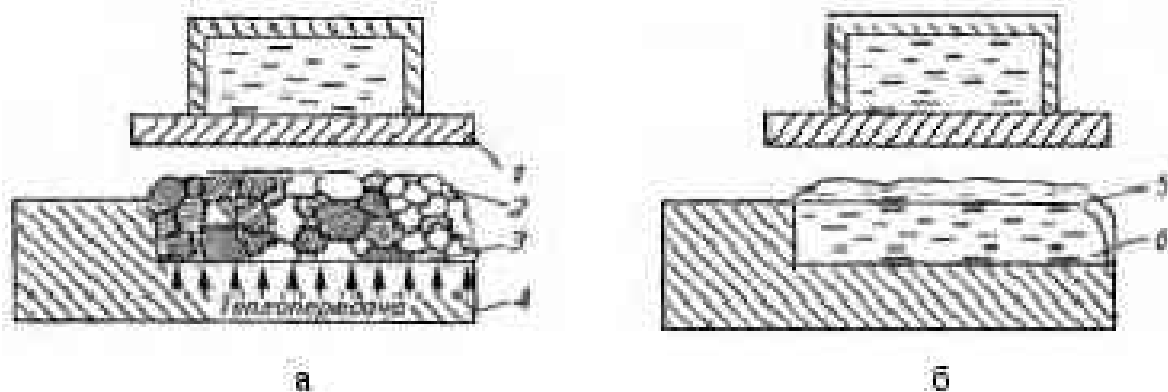
Плавящимся электродом металл расплавляется и на определенном расстоянии, на наплавленный слой, подается твердосплавная порошковая присадка. После этого, расплавленный металл, вместе с частицами твердосплавного материала уплотняется накатными роликами и осуществляется пластическая деформация расплавленного металла, а твердосплавные частицы проникают на некоторую глубину. Сразу же после вальцовки, наплавленный слой охлаждается жидкостью для закаливания. Способ дает возможность, получить слой, без растворения твердых частиц, но при этом, не обеспечивает равномерности физико-механических свойств по всей толщине, поскольку основная часть твердых частиц находится на поверхности [41].

Тугоплавкую порошковую присадку можно подавать в хвостовую часть сварочной ванны, для того чтобы образовать керамическое покрытие. Подача порошковой присадки в ванну жидкого металла может проводиться под действием собственного веса, с помощью различных подающих устройств, которые транспортируют струю газа [41].

Когда образуют композицию покрытия, нужно обратить внимание к порошковой присадке, температура должна превышать температуру жидкого металла в ванне. Нужно еще уделить внимание к подбору матричного сплава.

Она должна быть прочной и при этом твердые частицы должны хорошо держаться в покрытии, а так же чрезмерное растворение присадки не допускается. При армированной наплавке коэффициенты расширения наполнителя и матрицы должны быть близки, для предотвращения возникновения напряжения на соединениях. В ином случае, в результате нагрева и охлаждения, может произойти растрескивания слоя [48-50]. Введением адгезионно-активных веществ, можно управлять прочностью Связи частица-матрица.

После того, как окончательно обработали детали, твердые зерна частично выходят на поверхность. В результате образуются специфические армированные упрочненные слои [54].



а) начало процесса; б) окончание процесса; 1 - индуктор ТВЧ, 2 - частицы наплавляемого слоя, 3 - частицы флюса, 4 - деталь, 5 - слой жидкого флюса, 6 - жидкий присадочный сплав

Рисунок 1.6 - Индукционная наплавка

На рисунке 1.7, приведен пример наплавки дискретными валиками.

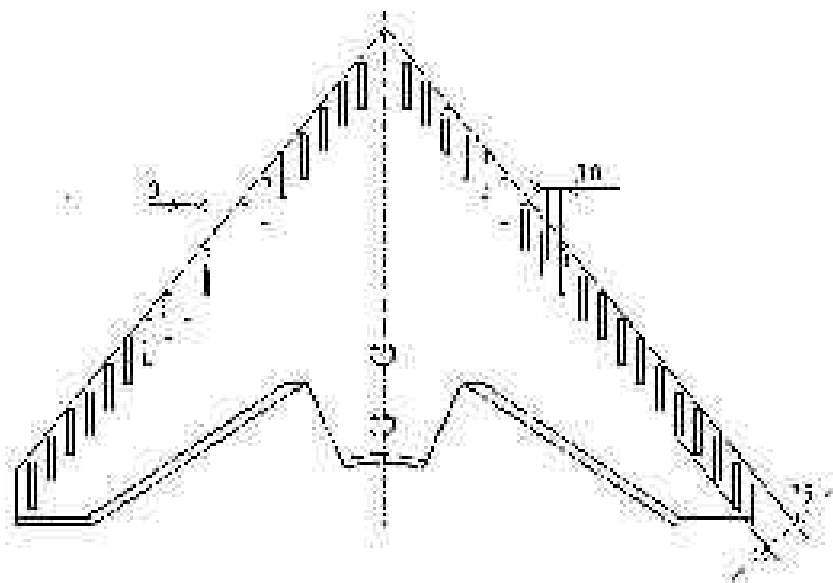


Рисунок 1.7 - Плоскорезная лапа, наплавленная дискретными валиками

Разрабатываются также и другие перспективные технологии восстановления и упрочнения деталей контактной наваркой с использованием таких керамических материалов, как порошково-полимерные и спеченные ленты, сформированные заготовки и др.

Для того чтобы процесс электроконтактного припекания протекал нормально, в шпекте соотношение размеров частиц матрицы и наполнителя должно быть в пределах $0,25 \dots 0,5$ [54].

Сложная установка сварочного оборудования и толщина наносимого твердого материала является главными недостатками данного метода.

1.5 Применение износостойких материалов для упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин

Большинство рабочих органов сельскохозяйственной техники, работают в условиях абразивного и коррозионного износа. В таких условиях эксплуатации, на первый план выходят керамические материалы, стойкие к абразивному изнашиванию и коррозии [59].

Металлокерамические сплавы, произвели переворот в металлообработке. Без этих материалов, невозможно представить не одно машиностроение. Многие ученые, изучая свойства керамических материалов, выявили, что они

имеют колоссальную износостойкость, которая 100 раз выше, чем у некоторых сортовых сталей.

В последнее время композиционные материалы используют в виде покрытий, чтобы восстановить и упрочнить рабочие органы почвообрабатывающей техники, которая является важным направлением для повышения ее ресурса.

В таблице 1.4 приведены механические свойства некоторых высокодисперсных порошков [60].

Таблица 1.4 – Механические свойства высокодисперсных порошков

Состав	Относительная плотность	Размер зерна, мкм	Твердость по Виккерсу, ГПа
TiN	0,98	30-50	29-31
TiN	0,98	-	34
Si ₃ N ₄	0,99	-	38
SiC	0,97	70	27
BN	0,96	25	43-80
TiB ₂	1,0	3-7	50-70
Ti(B,C,N)	1,0	1-5	60-70

В ремонтном производстве применяют наплавочные металлокерамические электроды. Широкий ассортимент таких материалов выпускает фирма «Метко» (США). Наплавка металлокерамическими электродами рекомендуется для деталей, изготовленных из высоко- и среднелегированных сталей.

1.6 Выводы

На основании литературного обзора установлено, что:

1. У почвообрабатывающих и посевных машин, наиболее широко применяемыми рабочими органами являются стрельчатые лапы. В процессе обработки почвы, из-за взаимодействия режущих частей с различными свойствами почвы, их лезвия изнашиваются, а изношенные стрельчатые лапы

отрицательно влияют на качество обработки, приводит к расходу ГСМ и задержке сроков проведения посевных работ.

2. Повысить долговечность стрельчатых лап почвообрабатывающих машин можно за счет применения упрочняющих воздействий. На сегодняшний день, одним из перспективных материалов для упрочнения, являются металлокерамические материалы. Но процесс нанесения этих материалов имеет низкую производительность, высокую трудоемкость и высокую себестоимость.

Целью настоящей работы является повышение износостойкости стрельчатых лап посевного комплекса Monix concept 2000 нанесением твердосплавных покрытий на режущих поверхностях рабочих органов.

Задачи исследования

1. Установить аналитическую зависимость износостойкости наплавочных материалов от твердости.

2. Провести лабораторные исследования упрочненных рабочих органов для определения их твердости и износостойкости.

3. Провести сравнительные испытания неупрочненных серийных лап посевного комплекса Monix Concept 2000 и упрочненных твердосплавными наплавками.

4. Определить влияние давления абразива на машине трения 77MT-1 на износостойкость наплавленных материалов.

5. Провести сравнительную оценку агротехнических показателей работы упрочненных и серийных рабочих органов посевного комплекса Monix concept 2000.

6. Провести экономическое обоснование наплавки износостойких материалов.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

2.1 Анализ взаимодействия рабочих органов с почвой и характеристика износа рабочих органов

Основными параметрами формоизменения режущих элементов почвообрабатывающих машин в процессе изнашивания, критические значения которых являются основанием к выбраковке, являются укорочение лезвия и затупление режущей кромки (рисунок 2.1.) [66-69].

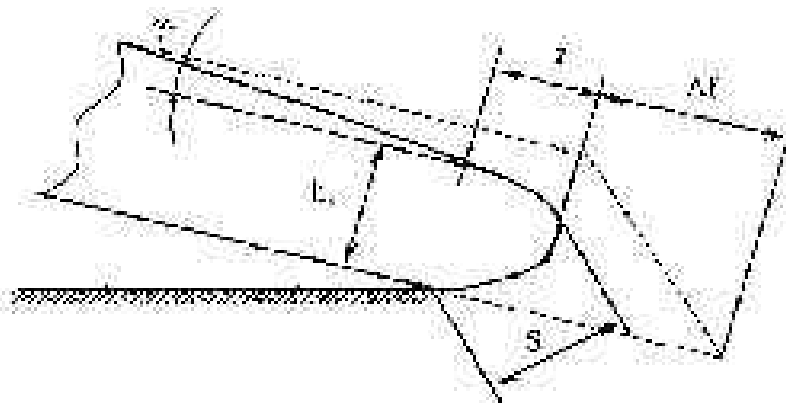
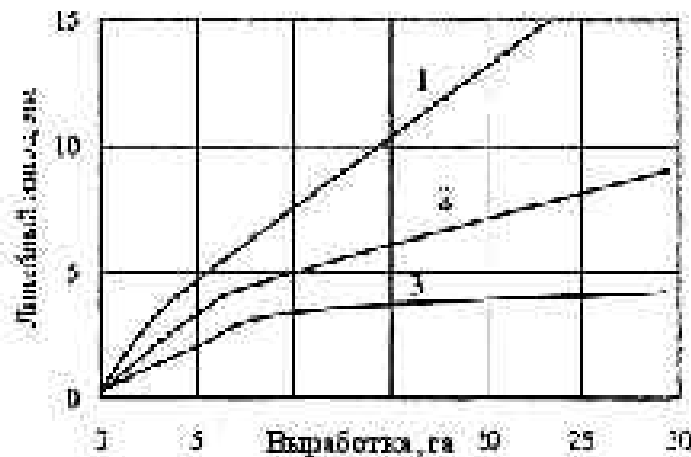


Рисунок 2.1 - Схема износа однородного лезвия

Легко контролируемым и объективно оценивающимся параметром износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин, является износ рабочей части ΔL (рис. 2.1). Но следует отметить, что выбраковка стрелчатых лап почвообрабатывающих машин, проводится в большинстве случаев из-за затуплении рабочей поверхности до недопустимых пределов. Степень затупления оценивается по параметрам: ширина затупочной фаски S и толщина h , режущей кромки на расстоянии z . Так же важным критерием является износ износа передней грани лезвия угол износа γ [69].

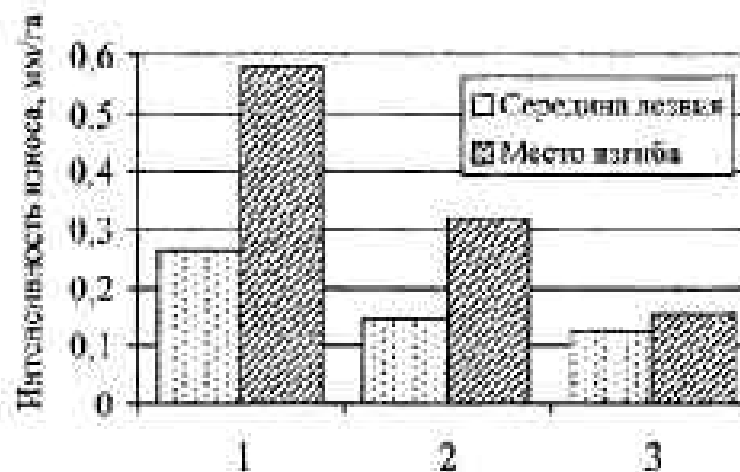
На рисунке 2.2, показана интенсивность износа стрелчатых лап почвообрабатывающих машин на различных почвенных условиях. По графику на рисунке видно, что после прохождения периода приработки, в процессе которого образовывается затупочная фаска, интенсивность износа снижается. Качественно характер изменения линейных размеров для шнурового класса почв

подобек, однако количественные характеристики резко отличаются (рисунок 2.3). Стрельчатые лапы почвообрабатывающих машин изнашиваются неравномерно, интенсивность износа носовой части лезвия больше, чем крылья. В носовой части лапа испытывает наибольшую нагрузку. [69]



1 - тяжелые суглинистые почвы, 2 - выщелоченные глинистые черноземы, 3 - подзолистые глинисто-иловатые почвы

Рисунок 2.2- Линейный износ стрелчатых лап



1 - тяжелые суглинистые почвы, 2 - выщелоченные глинистые черноземы, 3 - подзолистые глинисто-иловатые почвы

Рисунок 2.3 - Интенсивность износа лап

На рисунке 2.4 иллюстрированы конфигурация изношенного лезвия стрелчатой лапы. На крыльях лапы (рисунок 2.4а), лезвийная часть более заостренная по сравнению с носовой частью лезвия (рисунок 2.4б), это

объясняется тем, что при обработке почвы, носовая часть лапы контактирует с не деформированной почвой и на нее действует максимально давление.



а) крыло лапы, б) носовая часть.

Рисунок 2.4. Конфигурация лезвия изношенной стрелчатой лапы

Характер износа стрелчатых лап так же зависит от влажности почвы, которая меняется в течение года. При снижении влажности почвы до 13...17%, носовая часть лапы изнашивается более интенсивно. С увеличением влажности, до 21...29%, интенсивность износа снижается, так как почва становится более рыхлой.

С увеличением плотности почвы, интенсивность износа увеличивается в разы. При проведении экспериментов можно заметить, лапы установленных по осцилляции трактора и колеса почвообрабатывающей машины, имеют интенсивность износа намного выше. Так же, стрелчатые лапы установленный в первом ряду, имеют интенсивность износа намного выше, чем последующих рядов.

При обработке супесчаных и легкоспесчаных почв, лезвия рабочих органов остаются более работоспособной, но при этом может присутствовать интенсивный линейный износ.

В зависимости от состава почвы, затылочная фаска образующаяся на рабочей поверхности лезвия, может быть наклонена к горизонту под разными углами. На возрастание этого угла, приводит возрастания в составе почвы физической глины.

Характер распределения плотности почвы по глубине, так же имеет большое влияние на износ лезвий. Если произойдет резкое изменение плотности почвы по глубине, режущая кромка будет изнашиваться в основном

с нижней части, а так же затупочная фаска будет располагаться параллельно ко дну борозда. Измерения плотности почвы в различных горизонтах, что твердость нарастает по плавной кривой.

Изучение и анализ рабочих органов показал, выбор марок сталей, для изготовления рабочих органов производится не обоснованно и так же необоснован режим термической обработки лезвий.

Исследовав износ серпных рабочих органов можно прийти к выводу, что заводской метод упрочнения рабочих органов методом объемной закалки, не обеспечивает увеличение износостойкости и их срока службы, в связи с быстрым затуплением режущих частей.

2.2 Анализ характера изнашивания самозатачиваемых лезвий

Минимализации преждевременного выхода из строя и затупления лезвия, возможна только при использовании принципа самозатачивания, запатентованного еще в СССР в 1927 году. Его принцип заключается в избирательном изнашивании рабочей части двуслойного лезвия, при котором сохраняется требуемая форма режущей кромки. Принцип самозатачивания первого рода заключается в упрочнении задней поверхности, а во втором роде передняя часть (рисунок 2.5.6) [71-73].

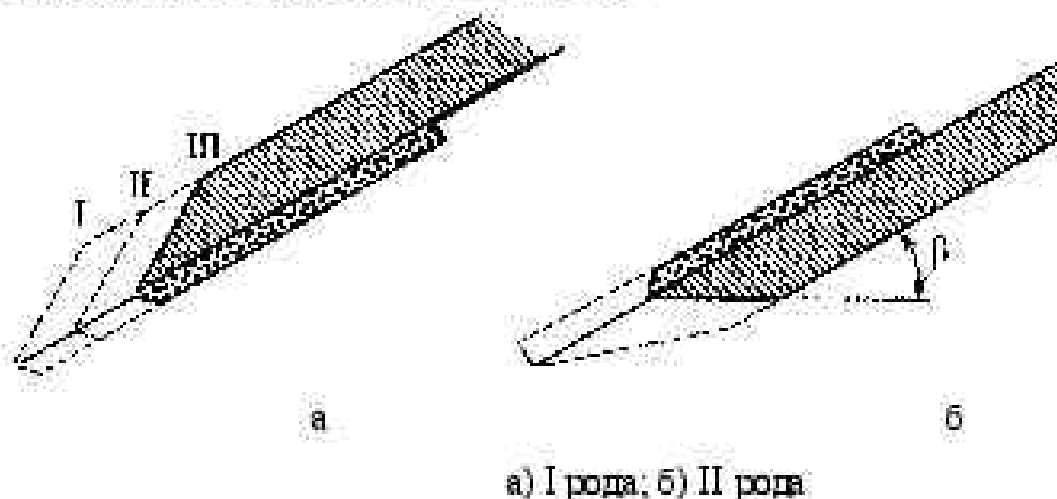


Рисунок 2.5 - Схема процесса самозатачивания

В процессе обработки почвы рабочий орган в верхнем положении упрочняющего воздействия будет самозатачиваться параллельно ко дну борозды и будет образовываться задняя фаска. Эффект самозатачивания в ограниченной степени достигается лишь при работе на песчаных и супесчаных почвах при влажности более 11% (рисунок 2.56). Из-за этого, самозатачивания второго рода рассматривать не будем [72, 73].

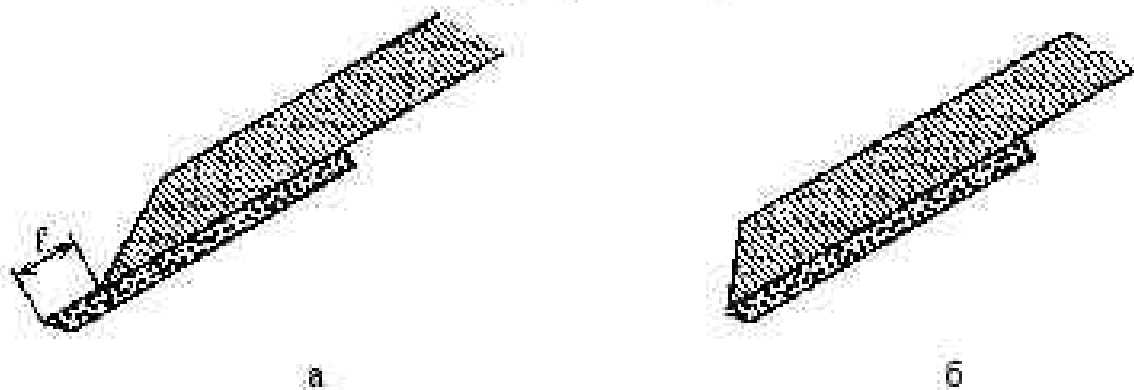
В процессе самозатачивания первого рода, соотношение интенсивности изнашивания J_0 металла рабочего органа и упроченного слоя двухслойного самозатачивающегося лезвия J_1 остается постоянным [72, 73].

$$J_0/J_1 = K_0 > 1 \quad (2.1)$$

Если величина K_0 будет иметь оптимальное значение K'_0 , то контур режущей кромки останется неизменным (сечения I - III на рисунок 2.6а).

При $K_0 > K'_0$ происходит перезатачивания лезвийной части рабочего органа и будет происходить обламывания наплавленного материала, так как она будет оголяться (рисунок 2.6а).

Если $K_0 < K'_0$, будет происходить быстрое затупление лезвия и последует выбраковка, при том, что значительный объем наплавленного материала останется неиспользованным. (рисунок 2.6б)



а) перезатачивание при $K_0 > K'_0$, б) затупление при $K_0 < K'_0$

Рисунок 2.6- Процесс самозатачивания

Для получения оптимального рабочего органа, требуется получить оптимальное значение K_0 путем подбора износостойких материалов

Для этого, требуется соблюдать соотношение [72]

$$HV_1 / HV_0 = K_{HV} = (3 \dots 5), \quad (2.2)$$

где HV_1 и HV_0 - твердость по Виккерсу соответственно у упрочненного материала и рабочего органа.

Для одних и тех же почв значения K_1 могут изменяться в широких пределах за счет изменения влажности, плотности и т.п., что нарушает нормальное течение процесса самозатачивания [72].

2.3 Определение рационального способа восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин

В настоящем параграфе будет определен наиболее оптимальный способ восстановления рабочих органов сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин. Каждый из способов восстановления рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин оценивается с помощью соответствующих технических критериев. Главный критерий – обеспечение качества поверхности детали после восстановления.

Качественная комплексная оценка дается на основании значения коэффициента долговечности. Этот коэффициент рассчитывается следующим образом [50]:

$$K_d = K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (2.3)$$

где K_1 – износостойкость,

K_2 – выносливость,

K_3 – сцепляемость,

K_4 – поправочный коэффициент, которым учитывается фактическая работоспособность восстановленных деталей в реальных условиях ($K_4 = 0,8 \dots 0,9$).

Наиболее оптимальные способы (с учетом технического критерия), у которых K_d максимальный.

При использовании технико-экономического критерия себестоимость

восстановленной детали учитывается в комплексе с ее долговечностью:

$$K_T = C_B / K, \quad (2.4)$$

где K_T – коэффициент экономической и технической эффективности;

C_B – показатель, отражающий себестоимость восстановления одного метра изношенной поверхности детали (в денежном эквиваленте).

$$C_B \cdot K_d \cdot C_n, \quad (2.5)$$

где C_n – цена за новую деталь (в денежном эквиваленте).

Соответственно, наиболее эффективен тот из способов, у которого этот коэффициент будет минимальным (т. е. $K_T = \min$).

В табл. 2.1 представлено обоснование выбора наиболее оптимального способа восстановления поверхности детали. Выбор основан на применении двух критериев – и технико-экономического, и технического.

Таблица 2.1-Выбор рационального способа восстановления

№	Возможные способы	K_d	$C_{уд}$ (руб/дм ²)	K_T ($C_{уд}/K_d$)
1.	Наплавка порошковыми проволоками	0,63	559	887
2.	Индукционная наплавка	0,79	289	365
3.	Восстановление ремонтными вставками	-	-	-
4.	Ручная наплавка	0,49	-	-
5.	Восстановление с помощью накладок	-	-	-
6.	Газовая наплавка	0,49	273	557
7.	Наплавка твердых сплавов	0,79	283	358

Наиболее предпочтителен тот из возможных способов, у которого коэффициент K_T будет минимальным. В рассматриваемом случае наиболее оптимальный вариант – ручная наплавка.

Но, поскольку коэффициент K_d в данном случае меньше, чем у наплавки

индукционной, то, исходя из технических соображений, более приемлемым способом, все же, будет проведение наплавки твердых сплавов. При этом способе мы получим стрелчатые лапы, способные к самозатачиванию.

2.4 Виды и стадии изнашивания пар трения

Детали рабочих органов сельхозмашин изнашиваются, в основном, от трения. Немаловажную роль при этом играет давление, характер нагрузки, температура, скорость перемещения трущихся поверхностей, состав абразивных частей, размеры трущихся поверхностей и некоторые другие факторы [74,75].

На рис. 2.7 показано несколько видов изнашивания деталей. Выделяются такие основные виды изнашивания

- водородное,
- механическое,
- коррозионно-механическое.

Кроме того, детали могут изнашиваться под воздействием электрического тока [74].

Проанализировав существующие виды изнашивания, выделим наиболее частые причины нарушения работоспособности лезвий лап стрелчатых:

- коррозия,
- остаточная деформация,
- физический износ.

В результате, лезвия лап стрелчатых обретают различные дефекты

- появляются трещины, сколы и обломы,
- нарушается конструктивная целостность,
- детали коробятся, изгибаются, скручиваются,

- меняется пространственная геометрия деталей, их объем, масса и размеры.

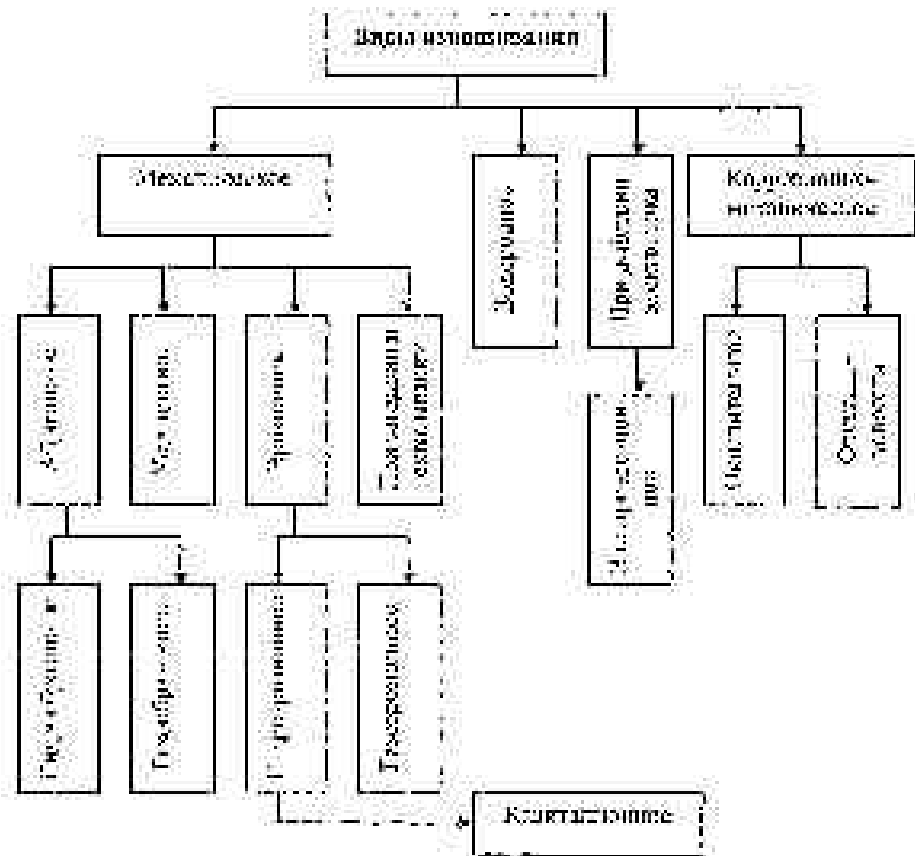


Рисунок 2.7 - Классификация видов изнашивания деталей

Для того, чтобы восстановить и повысить работоспособность, детали могут быть отремонтированы. Основные виды ремонта:

- правка;
- заточка;
- наплавка;
- иные технологические операции.

Изнашивание (истирание защитного слоя) может иметь разную интенсивность и скорость. Под скоростью изнашивания подразумевается отношение значения износа к временному интервалу, на протяжении которого он образовался. Для определения скорости изнашивания проводятся следующие расчеты [76]:

$$V_{\text{изн}} = I / \tau, \quad (2.6)$$

где V – степень интенсивности изнашивания, [мм/ч], [г/ч],

I – изнашивание, [мм], [г];

τ – время изнашивания, [ч].

Под износостойкостью понимается величина, являющаяся обратной скорости изнашивания. Это свойство отражает способность материала сопротивляться изнашиванию в условиях трения.

$$W = \frac{1}{\tau} \quad (2.7)$$

Чтобы сравнить материалы на предмет износостойкости, используется показатель относительной износостойкости. Относительная износостойкость определяется таким образом:

$$\varepsilon = \frac{W}{W_{эт}} \quad (2.8)$$

где W – степень износостойкости материала;

$W_{эт}$ – степень износостойкости материала-эталона.

2.5 Закономерности абразивного изнашивания материалов о почву

Процесс изнашивания рабочих органов и деталей сельскохозяйственных почвообрабатывающих машин связан с разрушением поверхностного слоя деталей минеральными зёрнами.

Среди отечественных специалистов огромный вклад в развитие теории абразивного изнашивания внесли Хрущев М.М. [76], Крагельский И.В. [77], Костецкий Б.И. [36], Тененбаум М.М. [14,40] и др.

Существует два направления природы абразивного изнашивания в почве. Хрущев М.М. предложил следующие фундаментальные закономерности [76]:

1. Во-первых, величина износа в равных условиях является прямо пропорциональной пути трения.
2. Во-вторых, скорости изнашивания в равных условиях является прямо пропорциональной скорости трения.

$$\frac{dh}{dt} = C_p v \quad (2.9)$$

где h – степень износа,

t – показатель, отражающий время изнашивания,

C – коэффициент пропорциональности,

p – показатель, отражающий уровень нагрузок,

v – показатель, отражающий скорость, с которой происходит трение,

3. В-третьих, величина износа всегда прямо пропорциональна величине нормальных нагрузок (независимо от условий)

$$\frac{dh}{dS} = Cp, \quad (2.10)$$

где S – длина пути трения,

4. В-четвертых, износостойкость технически чистого металла в ненапряженном состоянии всегда прямо пропорциональна твердости материала H , определенной до проведения экспериментального испытания

$$W = bH, \quad (2.11)$$

где b – коэффициент пропорциональности,

H – показатель, отражающий степень твердости.

5. В-пятых, для инструментальных и конструкционных сталей (легированных и углеродистых), испытанных в состоянии после отпуска и закалки, показатель относительной износостойкости увеличивается линейно с повышением показателя твердости. Это выражается следующим образом:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + b(H - H_0), \quad (2.12)$$

где ε – показатель износостойкости закаленной стали при твердости H ,

ε_0 – показатель износостойкости стали после отпуска,

b – коэффициент, отражающий пропорциональность для сталей с разным химическим составом,

H – показатель, отражающий твердость используемого материала после закалки,

H_0 – показатель, отражающий твердость используемого материала после

отжига,

б В-шестых, износостойкость механически наклепанной стали и металла не зависит от твердости, которая была определена после наклепа, но до проведения испытаний, либо незначительно снижается при ее повышении.

Оценка способности абразива разрушать защитный слой рабочих органов проводится с учетом значений микротвердости испытуемого образца и абразива ($H_{\text{из}} \text{ и } H_{\text{аб}}$)

$$K_T = \frac{H_{\text{из}}}{H_{\text{аб}}} \quad (2.13)$$

Максимально допустимое значение коэффициента $K_T=0,5-0,7$. Микро резание (прямое разрушение) защитного слоя образца под воздействием абразива происходит при $K_T < 0,5$ (если имеет место достаточная нагрузка, а абразивные частицы обладают соответствующей формой). В таких условиях абразив достаточно прочен. Материал доводится практически до полного разрушения, но целостность абразивных частиц сохраняется.

Особенностью изнашивания металлов в почве является соединение почвенных частиц в относительно не прочную массу [79]. Абразивные частицы могут скользить, двигаться, перекашиваться и вращаться, пока не найдут устойчивое положение в сравнении с фиксированными частицами, сразу занимающими постоянное положение. Поэтому меньшую вероятность имеет случай снятия стружки в сравнении со случаем фиксации абразива. При изнашивании в массе нефиксированного абразива микрорезание происходит медленнее, чем в случае трения о фиксированные частицы.

На интенсивность изнашивания поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин влияют разные факторы. В их числе: свойства поверхности, подвергаемой износу, режимы изнашивания, изнашивающая способность почвы и прочие факторы.

Функционирование рабочих органов ухудшается, когда меняется форма и размеры рабочих поверхностей вследствие изнашивания. Максимально

допустимый уровень работоспособности рабочих органов и деталей почвообрабатывающих машин определяется прочностью, технико-экономическими и агротехническими показателями. При их использовании устанавливаются максимальные (предельные) значения изнашивания.

2.6 Определение динамики изнашивания и долговечности

Определение динамики износа и долговечности лоп стрелчатых производится путем определения эталонного изнашивания образца материала в эталонных (экспериментальных) условиях с использованием эталонных абразивных частиц [2].

В качестве эталонного абразивного материала выступает кварц (относительная влажность – 1%, изнашивающая способность – $m_{a,1}=1$).

Эталонным материалом, подвергаемым износу, взята Сталь 65Г (относительная износостойкость – $\varepsilon_{a,1}=1$; твердость – HRC 55).

Эталонные условия изнашивания:

- продолжительность испытания: $t_{a,1}=1$ ч;
- площадь трения образца: $S_{a,1}=1$ см²;
- давление эталонного абразива на поверхность: $p_{a,1}=1$ МПа;
- скорость части относительно изнашиваемого образца: $v_{a,1,1}=1$ км/ч.

С учетом того, что изнашивание пропорционально изнашивающей способности абразивных частиц, площади трения, давлению, пути трения, но обратно пропорционально относительной износостойкости, то изнашивание в вековом измерении составит:

$$w_{am} = K \cdot \frac{m_{am}}{\varepsilon_{am}} \cdot p_{am} \cdot v_{am,am} \cdot S_{am} \cdot t_{am} \quad (2.14)$$

где K – коэффициент пропорциональности.

Чтобы определить значение данного коэффициента, вычислим отношение износа рабочих органов, полученного в эталонных условиях, применительно к

эталонным параметрам. Это отношение и будет представлять собой интенсивность изнашивания образца в эталонных условиях:

$$K = \frac{W_{\text{эм}} \cdot \varepsilon_{\text{эм}}}{m_{\text{эм}} \cdot p_{\text{эм}} \cdot v_{\text{эм}} \cdot S_{\text{эм}} \cdot t_{\text{эм}}} \quad (2.15)$$

В ходе экспериментального испытания образца-эталона, выполненного из стали 65Г на стенде 77МП-1, в эталонных условиях, износ образца составил

$W_{\text{эм}} = 124$ г. Подставляя формулу, выявим значение коэффициента пропорциональности

При весовом измерении износа образца, $K_1 = 27,5 \frac{\text{МПа} \cdot \text{мм} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{ч}}{\text{г}}$. С учетом того, что плотность стали составляет $\gamma_{\text{ст}} = 7,8 \text{ г/см}^3$, коэффициент пропорциональности в линейном выражении составит: $K_2 = 3,5 \frac{\text{МПа} \cdot \text{мм} \cdot \text{ч}}{\text{см}}$.

Теперь рассмотрим только линейный износ.

Изменение изнашивающей способности почвы, как и износостойкость материала, закономерно зависят от давления абразива. Соответственно, нужно ввести два поправочных коэффициента η_1 и η_2 . В таком случае линейный износ равняется

$$h = K_2 \cdot \frac{m_{\text{эм}} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_{\text{эм}} \cdot t}{\varepsilon_{\text{эм}} \cdot \eta_2} \quad (2.16)$$

где h — линейный износ, в сантиметрах;

η_1 — коэффициент, отражающий степень изменения изнашивающей способности почвы исходя из давления, оказываемого абразивными частицами;

η_2 — коэффициент, отражающий изменение износостойкости материала исходя из давления, оказываемого абразивными частицами.

Выявив состояние предельного (максимально возможного) износа, перейдем к определению срока службы рабочих органов посевных комплексов. Для этого используем следующее уравнение:

$$T = \frac{\Delta h_{\text{нп}} \cdot \varepsilon_{\text{нп}} \cdot \eta_2 \cdot \chi \cdot A}{K_{\text{нп}} \cdot m_{\text{нп}} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_{\text{нп}}} \quad (2.17)$$

где $\Delta h_{\text{нп}}$ - максимально возможный износ рабочих органов посевного комплекса на наиболее изнашиваемом месте, в сантиметрах;

p - давление почвы на наиболее изнашиваемый участок рабочих органов посевного комплекса, МПа;

$K_{\text{нп}}$ - скорость, с которой двигаются рабочие органы посевного комплекса, км/ч;

χ - отношение скорости движения рабочих органов посевного комплекса к скорости перемещение почвы по рабочим органам;

A - показатель, отражающий производительность лапы культиватора, га/ч.

Еще один значимый коэффициент, оказывающий непосредственное влияние на изнашивание рабочих органов посевных комплексов – влажность почвы. С учетом этого коэффициента уравнение будет выглядеть следующим образом

$$T = \frac{\Delta h_{\text{нп}} \cdot \varepsilon_{\text{нп}} \cdot \eta_2}{K_{\text{нп}} \cdot m_{\text{нп}} \cdot \eta_1 \cdot p \cdot v_{\text{нп}} \cdot \eta_3} \quad (2.18)$$

С помощью следующего уравнения определим относительную скорость перемещения части для рабочих органов с клином трехгранным:

$$v_{\text{нпн}} = v_{\text{н}} / \cos \gamma \cdot \cos \alpha \quad (2.19)$$

где $v_{\text{н}}$ - скорость, с которой двигается лапа стрельчатая;

γ - показатель, отражающий угол рабочей поверхности плуга в направлении движения;

α - показатель, отражающий угол наклона рабочей поверхности клина к горизонту в перпендикулярной режущей кромке плоскости.

2.7 Повышение эффективности использования материала рабочих органов за счет обеспечения их равностойкости

Для характеристики такого показателя, как «равностойкость лап стрелчатых посевных сельскохозяйственных машин», введем коэффициент равностойкости – K_p . Данный коэффициент определяется следующим образом [30]:

$$K_p = T_{pi} / T_{pk} \quad (2.20)$$

где T_{pi} , T_{pk} – долговечность наименее и наиболее изнашиваемых деталей рабочего органа посевного комплекса.

Определить долговечность можно следующим образом:

$$T_{pi} = (H_{pi} - H_{ni}) / I_i \quad (2.21)$$

где T_{pi} – конструктивная долговечность участка, гектар,

H_{pi} , H_{ni} – предельный и начальный размеры участка,

I_i – скорость, с которой изнашивается участок, мм/ч на гектар.

Разрабатывая технологию восстановления и упрочнения, необходимо, чтобы коэффициент равностойкости был приближен к 1. Для этого нужно иметь представление о том, как изнашиваются отдельные детали и участки рабочих органов посевного комплекса. При проведении анализа коэффициента и характеристик равностойкости, осуществляется подбор наиболее износостойких материалов. Эти материалы используются для упрочнения тем участков рабочих органов посевного комплекса, которые нагружены больше всего.

Важнейшие параметры лап стрелчатых, установленных на посевных сельскохозяйственных машинах:

- ширина крыла,
- длина носка,
- толщина лезвия

Стандартные параметры новой лапы стрелчатой посевного комплекса «Моррис»:

- крыло шириной 270 миллиметров,
- лезвийная часть толщиной 1,0 миллиметр,
- расстояние от места перегиба до окончания носка – 130 миллиметров.

По результатам проведенного эксперимента можем рассчитать среднюю интенсивность изнашивания крыльев и носовой части рабочих органов посевного комплекса.

Предельная длина носка $L_n=130$ мм, предельная ширина крыла $h=230$ мм,

Исходя с экспериментальных исследований, рассчитаем среднюю интенсивность изнашивания носовой части и крыльев серийного рабочего органа.

Средняя интенсивность изнашивания носовой части стрелчатой лапы $I_n=1,25$ мм/га и средняя интенсивность изнашивания крыла $I_k=0,6$ мм/га.

Далее, определим конструкционную долговечность носовой части

$$T_n = (180-130)/1,25=40 \text{ га.}$$

Конструкционная долговечность крыльев:

$$T_k = (270-230)/0,6=66,7 \text{ га.}$$

Коэффициент равностойкости стрелчатой лапы посевного комплекса Morris concept 2000

$$K = 40/66,7=0,6$$

По расчетам можно увидеть, что конструкционные параметры серийных стрелчатых лап, не обеспечивает его равностойкость.

Так как при износе носка стрелчатой лапы, она не может обеспечить нужную глубину обработки почвы и таким образом, на лапу действует выталкивающая сила. В связи с этим, лапа выбраковывается при 130 га обработанной площади, при этом, долговечность крыльев составляет еще 26,7 га.

Для достижения равностойкости и увеличения ресурса рабочего органа,

требуется повысить износостойкость носовой части, путем наплавки износостойких материалов.

Необходимую относительную износостойкость носка рабочего органа, можно получить из соотношения долговечности носовой части и крыла.

$$\frac{L_n \varepsilon_1 \eta_1}{\eta_k P_1} = \frac{h \varepsilon_2 \eta_2}{\eta_k P_2} \quad (2.22)$$

где L_n, h - предельный износ носовой части и крыла лапы, мм,

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ - относительная износостойкость,

η_k, η_1, η_2 - поправочный коэффициент изменения относительной износостойкости в зависимости от давления,

P_1, P_2 - давления почвы.

Для определения требуемой износостойкости носовой части для обеспечения равностойкости стрельчатой лапы, выведем формулу:

$$\varepsilon_1 = \frac{h \varepsilon_2 \eta_2 \eta_k P_2}{L_n \eta_1 \eta_k P_1} \quad (2.23)$$

Приняв параметрами для супинистой почвы:

- влажность 14...18%;

- $P_2=0,4$ МПа, $P_1=0,2$ МПа;

- $\eta_k=8,62$, $\eta_2=3,56$, $\eta_1=1,92$, $\eta_k=1,57$

η_k, η_2, η_1 - поправочный коэффициент изменения относительной износостойкости в зависимости от давления определяется по формуле:

$$\eta_k = 9,6p + 0,04 \quad (2.24)$$

$$\eta_2 = 1,75p + 0,825 \quad (2.25)$$

- $\varepsilon_2=2,1$

$$\varepsilon_1 = \frac{40 \cdot 2,1 \cdot 1,57 \cdot 8,62 \cdot 0,4}{50 \cdot 1,92 \cdot 3,56 \cdot 0,2} = 6,6$$

Таким образом, для того, чтобы обеспечить равностойкость рабочего

органа, требуется упрочнить носовую часть стрелчатой лапы наплавкой твердосплавных материалов и довести суммарную износостойкость до 6,6.

2.8 Выводы

При наплавке рабочих органов с тыльной стороны, будет наблюдаться эффект самозатачивания, в результате которого, лезвийная часть, будет оставаться острой, до наступления предельного износа носа по длине.

1. Для достижения абразивной износостойкости стрелчатых лап почвообрабатывающих машин, необходимо знать состав почвы, так как в почве могут содержаться минералы, намного тверже, чем материал рабочего органа. В ином случае, наплавленный материал будет изнашиваться и тем самым, эффекта самозатачивания не будет.

2. Перед наплавкой рабочих органов твердосплавными материалами, можно рассчитать его срок службы аналитическим методом, таким расчетом, можно определить долговечность наплавляемого материала.

3. Важнейшим критерием долговечности стрелчатых лап почвообрабатывающих машин, является коэффициент ровностойкости, так как все лапы, выбраковываются из-за предельного износа носовой части, при этом боковые крылья, имеют еще половину ресурса.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Расходные материалы для упрочнения

Итак, нам нужно подобрать материал, устойчивый к абразивному износу. С этой целью было подобрано несколько электродов для электродуговой наплавки. Все они характеризуются достаточно высоким показателем износостойкости[81-83,86].

Электроды ОК 84.73. Этими электродами обеспечивается наплавка твердого слоя, упрочненного крупными карбидами хрома. Электроды используются для наплавки рабочих поверхностей сельскохозяйственного инструмента и землечерпальных машин, эксплуатируемых в условиях умеренной влажности. Кроме того, такие электроды широко применяются для насосов, используемых для перекачки песка. Наплавленная поверхность характеризуется высокой стойкостью при контакте с высокими температурами и агрессивной внешней средой.

Электроды ОК 84.58. Такими электродами обеспечивается наплавка мартенситного слоя, устойчивого к коррозии и обладающего высоким показателем твердости. Данные электроды широко применяются для наплавки поверхностей, подвергаемых умеренному ударному износу и интенсивному абразивному воздействию (к примеру, для миксеров, погрузочных машин, деревообрабатывающего оборудования, сельскохозяйственного инструмента).

Электроды ОК 84.84. Такие электроды наделяют наплавленный слой мартенситной структурой металла, насыщенной карбидами. Электроды такого типа широко используются для наплавки защитного слоя на поверхности, подверженные абразивному и интенсивному износу в сочетании с нагрузками сдавливающего типа, возникающими при взаимодействии с почвой, цементом, песком и щебнем. Основные сферы применения таких электродов: лезвия скрепов, молоты, буровой инструмент, рабочие органы машин для обработки почв, цепи конвейеров.

Электроды ОК 8430. Эти электроды характеризуются высокой износостойкостью. Основные сферы их применения рабочие органы сельхозмашин; шнеки конвейеров, очистители золы, вентиляторные лопасти. Высокая износостойкость обеспечивается большим количеством карбидов и хрома.

Электроды ОК 8365. Такие электроды используются для упрочняющей наплавки рабочих поверхностей, взаимодействующих в интенсивной абразивной среде. Наплавленный слой способен противостоять возникновению окалины при высокой температуре. Сферы применения поверхностные детали сельхозмашин; лезвия сребков экскаваторов и грейдеров, дробилки, подающие шнеки и пр.

3.1 Методика определения абразивной износостойкости в лабораторных условиях

Рассмотрим основные этапы методики определения абразивной износостойкости наплавочных материалов [34].

1. Этап первый. На этом этапе анализируется устройство и принцип действия машины трения 77 МТ-1. Также изучаются основные технические характеристики (см. рис. 3.1 и табл. 3.1). Устройство установки показано на рис. 3.2. Станина устанавливается на основание 1. Сюда же подводится электропривод. Электропривод состоит из двух элементов – ДВС и редуктор (3 и 4 соответственно). Элементы начинают совершать возвратно-поступательные движения. Скорость движения регулируется путем корректировки частоты вращения электрического двигателя. Для этого используется рукоятка регулятора (13).

2. Этап второй. На этом этапе наплавленные материалы готовятся к предстоящему испытанию.

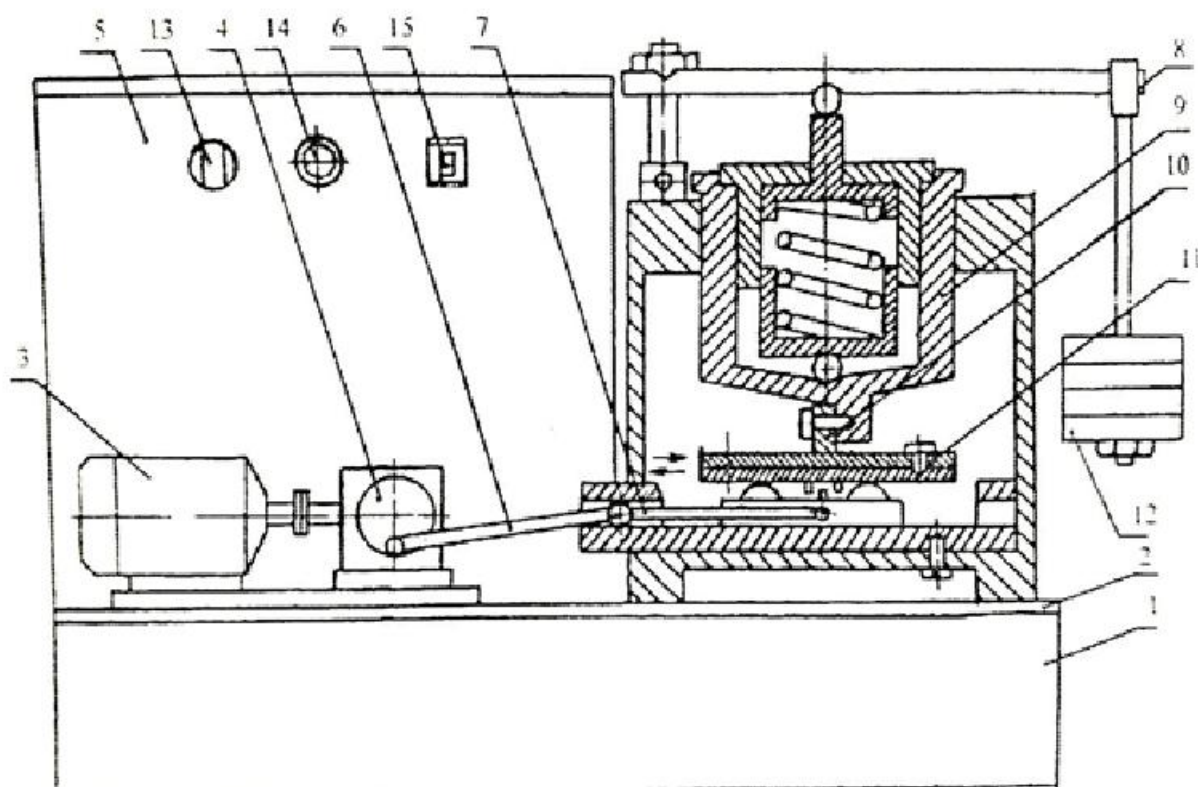


Рисунок 3.1 – Конструкция машины трения

Таблица 3.1 – Техническая характеристика

Частота вращения вала эксцентрика	-28...280 мин
Длина хода нижнего образца	-52 мм
Масса и количество гирь нагружающего устройства	-1 кг – 3шт. -2 кг – 2 шт -5 кг –5. шт.
Нагрузка на образцы	-50...750 Н
Максимальная относительная погрешность частоты вращения вала эксцентрика	- $\pm 3\%$
Максимальная относительная погрешность интенсивности изнашивания эталонных образцов, нормированная по среднему значению	- $\pm 30\%$
Потребляемая мощность не более	- 1.3 кВт
Напряжение переменного тока трехфазной силовой цепи	- 380 В
Частота переменного тока силовой цепи	- 50 Гц
Габаритные размеры: Длина	-910 Гц
Ширина	- 410 мм
Высота	- 860 мм
Максимальная масса машины	-190 кг



Рисунок 3.2 – Общий вид машины трения 77 MT-1.

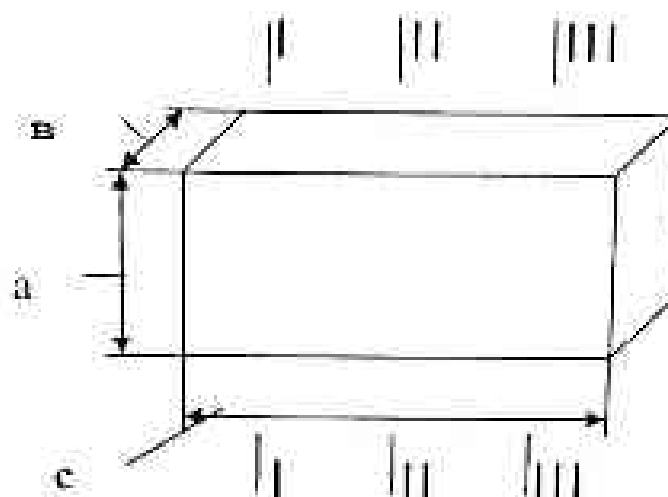


Рисунок 3.3 – Схема замера образца

3. Этап третий. Наплавленные образцы замеряются (рис. 3.3). Точность замера – до 0,01 миллиметра. Затем каждый образец взвешивается с точностью до 0,01 грамма.

4. Этап четвертый. На этом этапе подбирается оптимальная нагрузка.

5. Этап пятый. Данный этап – непосредственное проведение испытания. Испытание на износостойкость проводится на протяжении 60 минут, не

меньше. В ходе испытания необходимо три раза измерить частоту двойных ходов тележки в минуту. Если возникает такая необходимость, то частота двойных ходов корректируется. Для этого регулируют частоту вращения ДВС с помощью рукоятки (см. рис. 3.1).

б. Этап шестой – завершение эксперимента. После того, как экспериментальная работа завершена, необходимо установить степень интенсивности линейного изнашивания. Для этого проводятся следующие расчеты:

$$j_l = \frac{h_l}{S} = \frac{1000 \cdot (a - a_1)}{4 \cdot r \cdot n} \quad (3.1)$$

где h_l – величина линейного износа (толщина изношенного слоя), в миллиметрах;

r – радиус кривошипа (эксцентрика), в метрах;

a, a_1 – высота образца до испытания и после эксперимента, в миллиметрах;

n – количество двойных ходов ползуна за период эксперимента.

После этого необходимо определить интенсивность изнашивания по массе. Расчет проводится следующим образом:

$$j_m = \frac{h_m}{S} = \frac{m - m_1}{S} \quad (3.2)$$

где h_m – износа по массе, мг;

m – масса образца до эксперимента, мг;

m_1 – масса образца после эксперимента, мг.

Теперь можно определить скорость линейного изнашивания и скорость изнашивания по массе. Проводим расчеты:

$$i_l = \frac{h_l}{t} = \frac{1000 \cdot (a - a_1)}{t} \quad (3.3)$$

$$i_m = \frac{h_m}{t} = \frac{m - m_t}{t} \quad (3.4)$$

где t – время испытания (количество часов).

3.2 Методика определения абразивной износостойкости в полевых условиях

На рис. 3.4 представлен посевной комплекс «Molin Concept-2000». Комплекс оснащен пятью секциями. Рабочая ширина каждой секции составляет 18,4 метра. Каждая секция автономна и не зависит от других. Это дает возможность идеально копировать рельеф поля. Благодаря этому обеспечивается посев семенного материала на одинаковую глубину по всей ширине сеялки.



Рисунок 3.4 Посевной комплекс Molin Concept 2000 (культиваторная часть)

Стойки лап рабочих органов оснащены защитными пружинами, сохраняющими постоянное давление на стойку (350 килограмм). Давление сохраняется постоянным при подъеме стойки над землей и при встрече лапы стрельчатой с препятствиями.

Скорость движения при посеве составляет 8-10 км/ч, а глубина обработки почвы до 14 см. Расстояние между стойками 23 см, количество стрельчатых лап 54 шт.

Оригинальные лапы посевного комплекса Morris, имеют достаточно большой ресурс. Однако из-за высокой рыночной цены существует потребность в разработке технологий восстановления с целью повышения их долговечности. Например комплект лап фирменного изготовления стоит 82 тыс. руб.

Методика измерения износа лап посевного комплекса заключается в измерении основных геометрических параметров через каждые 30, 60, 90, 120, 150 га. Подготавливаются 5 лап, с различными методами упрочнения. Для замера образцов на листе бумаги обозначают габариты не изношенной лапы и через каждый промежуток наработки снимаются показания и вводятся в таблицу. Далее после заполнения таблицы, строится график зависимости износа крыльев и носка экспериментальных лап [35,38,39].



Рисунок 3.5 - Стрельчатая лапа посевного комплекса Morris Concept 2000

3.4 Методика определения твердости упрочненных деталей

Твёрдость — это способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твёрдого тела — индентора во всем диапазоне нагружения от момента касания с поверхностью и до вдавливания на максимальную глубину. В нашем примере, будет определяться твердость наплавленных слоев на почвообрабатывающие рабочий органы. Для этого мы воспользуемся портативным ультразвуковым твердомером ТКМ-459 (Рисунок 3.6).

Принцип действия твердомера основан на методе измерения ультразвукового контакта импеданса.

Поскольку глубина внедрения наконечника в материал, является показателем твердости, то существует зависимость между изменением резонансной частоты стержня F и твердостью материала H .

$$H=f(F) \quad (3.5)$$



Рисунок 3.6 - Твердомер ТКМ-459

3.5 Определение необходимого количества упрочненных и серийных стрелчатых лап при их исследовании

При проведении эксплуатационных и ресурсных испытаний, количество серийных и упрочненных стрелчатых лап посевного комплекса «Моррис», должна обеспечить точность проведенных испытаний. Требуемое количество лап для испытания можно определить из выражения:

$$\frac{\gamma_L}{\nu} = \frac{t_{nL}}{\sqrt{N}}, \quad (3.6)$$

где γ_L -относительная ошибка ($=0,10 \dots \dots 0,20$);

ν -коэффициент вариации (при проведения испытаний на изнашивания он составляет 0,3);

t_{nL} -коэффициент Стьюдента.

Подставляя в формулу 3.6 $\gamma_L=0,20$ и $\nu=0,30$ находим, что $\frac{t_{nL}}{\sqrt{N}}=0,667$.

Тогда по таблице коэффициентов Стьюдента находим, что $N=5$.

Таким образом, установка пяти упрочненных лап и пяти серийных лап, обеспечить необходимую достоверность полученных результатов.

3.6 Определение ошибки экспериментов и их повторности опытов

Абсолютная погрешность отдельных измерений определяется по формуле [90]:

$$\Delta y_i = \bar{y} - y_i, \quad (3.7)$$

где $\bar{y}$ -среднее значение, определяемая по формуле [90]:

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n, \quad (3.8)$$

Ошибка выборочной средней определяется по формуле [90]:

$$s_{\bar{y}} = \frac{s}{\sqrt{n}}, \quad (3.9)$$

где n – число опытов;

s – стандартное отклонение, определяемое по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (3.10)$$

Относительная ошибка средней выборочной [90]:

$$s_{\bar{y}} \% = \frac{s_{\bar{y}}}{\bar{y}} \cdot 100 \quad (3.11)$$

Доверительный интервал для среднего значения определяли по формуле [90]:

$$\Delta y_i = \pm t_{\alpha} s_{\bar{y}} + \delta \quad (3.12)$$

где t_{α} - коэффициент Стьюдента для 95% уровня значимости и $n-1$ степени свободы;

δ - принимаемая погрешность прибора.

Повторность опытов рассчитывается по соотношению [90]:

$$\frac{\gamma_{\alpha}}{\nu} = \frac{t_{\alpha}(n)}{\sqrt{q}} \quad (3.13)$$

После ее преобразования получаем:

$$q = \left(\frac{t_{\alpha}(n) \nu}{\gamma_{\alpha}} \right)^2 \quad (3.14)$$

где γ_{α} - относительная ошибка;

ν - коэффициент вариации;

$t_{\alpha}(n)$ - коэффициент Стьюдента;

q - повторность опытов.

Принимая значения относительной ошибки и доверительной вероятности 85%, требуемое количество повторности опытов 5.

3.7 ВЫВОД

По описанным методикам, будут проводиться лабораторные и полевые испытания наплавленных материалов для выявления их износостойкости.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты исследования твердости наплавленных слоев и определения износостойкости

Все электроды наплавляются на пластины и подвергаются проверке на твердость. Для этого, мы воспользуемся портативным ультразвуковым твердомером ТКМ-459. Перед проверкой, наплавленный слой подвергается шлифовке. Результате проверки на таблице 4.1.

Таблица 4.1-Твердость наплавленных образцов

№	Название	Твердость после наплавки по Роквеллу(среднее значение)
1	OK 8365	62 HRC
2	OK 8480	59 HRC
3	OK 8484	61 HRC
4	OK 8458	57 HRC
5	OK 8478	61 HRC
6	Сталь 65Г	55 HRC

За последние годы, проведено многочисленное количество исследований, которые направлены на повышение износостойкости и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин, методом поверхностного упрочнения наплавкой, подверженных к износ частей.

Важным параметром наплавочного материала, от которого зависит твердость и износостойкость наплавленного слоя на лезвие, является его химический состав [91].

Важнейшими легирующими элементами сплавов, являются кремний, хром, марганец, а также никель. Остальные легирующие элементы, вводятся совместно с основными, для улучшения некоторых свойств наплавочного материала (молибден, вольфрам, ванадий и т.д.) [92].

Для определения влияния элементов вводимых в состав наплавочного материала и выявления их влияния на износостойкость при абразивном изнашивании, были исследованы сплавы, состав которых приведен в таблице 4.2.

Таблица 4.2-Состав наплавляемых материалов

остальное железо

№ п/п	Вид наплавляемого материала	Марка материала	Химический состав, в %								Твердость, HRC	
			C	Cr	Si	Mn	Ni	B	Mo	W		Прочие
1	электрод	OK 8365	5,0	8,0	0,3	0,6	-	-	-	-	-	62
2	электрод	OK 8480	0,8	2,0	2,0	0,7	-	-	7,0	3	Nb-7p V-1p	59
3	электрод	OK 8484	3,0	6,3	0,5	0,5	-	-	-	-	Ti-4,8 V-5p	61
4	электрод	OK 8458	0,7	10,0	9	0,7	-	-	-	-	-	57
5	электрод	OK 8478	4,5	33,0	0,8	1,6	-	-	-	-	-	61
6	Серийная лата	-	0,65	0,14	0,25	1	0,20	-	-	-	-	55

Увеличение соотношения кремния и углерода $Si/C > 0,5$ не повышает износостойкость, а даже несколько снижают ее. Кремний помогает повысить упругость стали, но в то же время склонна к обезуглероживанию. В связи с этим затрудняется применение сталей, которые содержат кремний. Это особенно касается деталей с тонкой режущей кромкой [93]. Содержание в стали марганца повышает прокаливаемость, прочность, текучесть, но несколько снижает износостойкость. Если марганец с углеродом находятся в соотношении 1:1, они благоприятно влияют на износостойкость.

На износостойкость также оказывает значительное влияние хром. Интенсивный рост износостойкости происходит при соотношении $Cr/C > 1$. Если содержание хрома больше 4-5%, то износостойкость легированных сталей заметно увеличивается.

Наиболее тесная связь между твердостью и относительной износостойкостью материалов, выражается уравнением [94]:

$$\varepsilon = 0,0645e^{0,076X}, \quad (4.1)$$

где ε - относительная износостойкость, X - твердость, в единицах HRC.

$$\varepsilon_1 = 0,0645e^{0,076 \cdot 12} = 7,17;$$

$$\varepsilon_2 = 5,71;$$

$$\varepsilon_3 = 6,65;$$

$$\varepsilon_4 = 4,90;$$

$$\varepsilon_5 = 6,65;$$

$$\varepsilon_6 = 4,21.$$

Зависимость износостойкости наплавленных слоев от твердости в графическом виде, показана на рисунке 4.1.

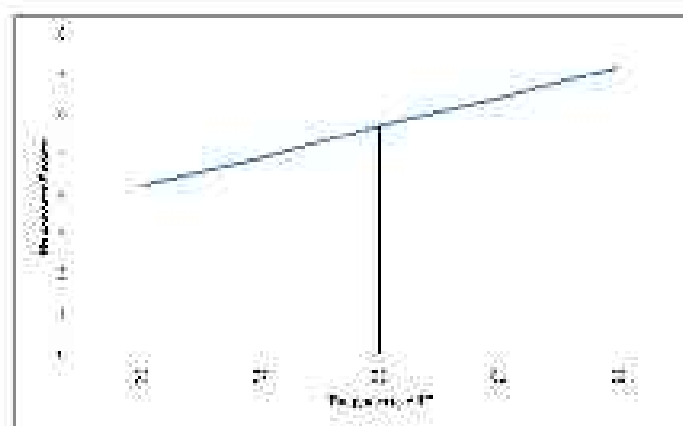


Рисунок 4.1 - Зависимость износостойкости наплавленных слоев от твердости

4.2 Результаты исследования абразивной износостойкости упрочняющих материалов в лабораторных условиях

Рабочие органы сельскохозяйственных машин, подвержены абразивному изнашиванию, которое есть не что иное, как механическое изнашивание материала, происходящее в результате режущего и царапающего действия на него твердых частиц, находящихся в свободном и закреплённом состоянии.

Наплавленные твердосплавными электродами пластины устанавливаем в машину трения 77МП-1 и снимаем все показания, далее данные вводятся в таблицу 4.3. Сила прижима абразива к наплавленной пластине 0,1 МПа.

Для определения интенсивности линейного изнашивания наплавленных материалов, воспользуемся формулой с 3 главы

$$J_{12} = 1000 \times 0,78/4 \times 0,026 \times 2700 = 2,77 \text{ мм/м},$$

$$J_{12} = 4,05 \text{ мм/м},$$

$$J_{12} = 2,88 \text{ мм/м},$$

$$J_{12} = 5,34 \text{ мм/м},$$

$$J_{12} = 2,95 \text{ мм/м},$$

$$J_{12} = 6,41 \text{ мм/м}.$$

Следующим этапом, определим интенсивность изнашивания по массе по формуле:

$$J_{\text{м1}}=0,54 \times 10^3/280,8=0,00192 \times 10^4 \text{ мг/м},$$

$$J_{\text{м2}}=0,00277 \times 10^4 \text{ мг/м},$$

$$J_{\text{м3}}=0,0021 \times 10^4 \text{ мг/м},$$

$$J_{\text{м4}}=0,00341 \times 10^4 \text{ мг/м},$$

$$J_{\text{м5}}=0,00217 \times 10^4 \text{ мг/м},$$

$$J_{\text{м6}}=0,00441 \times 10^4 \text{ мг/м}.$$

Скорость линейного изнашивания

$$I_{\text{Л1}}=780 \text{ мкм/ч},$$

$$I_{\text{Л2}}=1140 \text{ мкм/ч},$$

$$I_{\text{Л3}}=810 \text{ мкм/ч},$$

$$I_{\text{Л4}}=1500 \text{ мкм/ч},$$

$$I_{\text{Л5}}=830 \text{ мкм/ч},$$

$$I_{\text{Л6}}=1800 \text{ мкм/ч}.$$

Таблица 4.3- Результаты лабораторных испытаний

№	Материал	НРС	δ_1 мм	δ_2 мм	δ_{12} мм	$\frac{\delta_1}{\delta_2}$	m_1 мг	m_2 мг	$\frac{m_1}{m_2}$	$\frac{m_1}{m_2} \cdot 10^4$	$\frac{m_2}{m_1} \cdot 10^4$	$\frac{m_2}{m_1} \cdot 10^4$	δ_1 мм	δ_2 мм	δ_1 мм	δ_2 мм
1	OK	62	9,1	60	75	8,32	0,78	$3,96 \cdot 10^4$	$3,42 \cdot 10^4$	$0,54 \cdot 10^4$	60	2700	277	192	780	$0,54 \cdot 10^4$
2	OK	59	7,15	60	75	6,01	1,14	$3,01 \cdot 10^4$	$2,23 \cdot 10^4$	$0,78 \cdot 10^4$	60	2700	405	277	1140	$0,78 \cdot 10^4$
3	OK	61	7,5	60	75	6,69	0,81	$3,81 \cdot 10^4$	$3,22 \cdot 10^4$	$0,59 \cdot 10^4$	60	2700	288	210	810	$0,59 \cdot 10^4$
4	OK	57	7,62	60	75	6,12	1,5	$3,89 \cdot 10^4$	$2,93 \cdot 10^4$	$0,96 \cdot 10^4$	60	2700	534	341	1500	$0,96 \cdot 10^4$
5	OK	61	9,31	60	75	8,48	0,83	$3,90 \cdot 10^4$	$3,29 \cdot 10^4$	$0,61 \cdot 10^4$	60	2700	295	217	830	$0,61 \cdot 10^4$
9	Сталь 65Т	55	10,1	60	75	8,3	1,8	$4,5 \cdot 10^4$	$3,26 \cdot 10^4$	$1,24 \cdot 10^4$	60	2700	641	441	1800	$1,24 \cdot 10^4$

Скорость изнашивания по массе:

$$I_{\text{м1}}=0,54 \times 10^4 \text{ мг/ч};$$

$$I_{\text{м2}}=0,73 \times 10^4 \text{ мг/ч};$$

$$I_{\text{м3}}=0,59 \times 10^4 \text{ мг/ч};$$

$$I_{\text{м4}}=0,96 \times 10^4 \text{ мг/ч};$$

$$I_{\text{м5}}=0,61 \times 10^4 \text{ мг/ч};$$

$$I_{\text{м6}}=1,24 \times 10^4 \text{ мг/ч}$$

На рисунке 4.2 изображен график износа наплавленных пластин в зависимости от продолжительности проведения испытаний на машине трения.

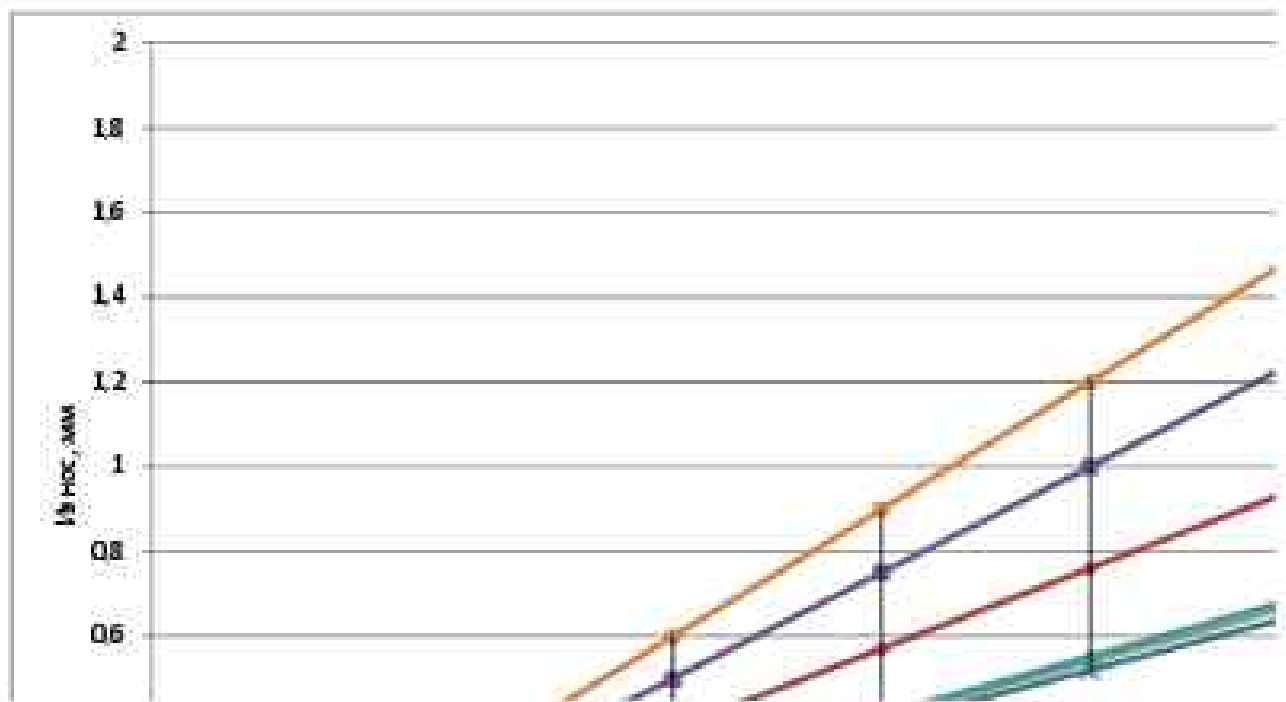


Рисунок 4.2 – Износ наплавленных пластин, в зависимости от продолжительности эксперимента

4.3 Исследование зависимости износа материалов от давления

Износостойкость материала не является величиной однозначной и постоянной. Она зависит в значительной мере от давления абразива на рабочую поверхность [95].

Для исследования таких зависимостей были проведены испытания

износостойкости различных материалов на машине трения 77MT-1.

В результате проведенных исследований установлено, что испытанные материалы имеют различную интенсивность изнашивания при изменении действующих давлений.

В таблице 4.4 представлены результаты исследования интенсивности изнашивания экспериментальных наплавочных материалов в зависимости от давления.

Таблица 4.4 - Интенсивность абразивного изнашивания различных материалов в зависимости от давления абразива

№	Марка материала	Давление, МПа	Интенсивность износа, W (мг)
1	OK 83.65	0,1	$0,54 \cdot 10^3$
		0,17	$0,77 \cdot 10^3$
		0,21	$0,94 \cdot 10^3$
2	OK 84.80	0,1	$0,78 \cdot 10^3$
		0,17	$1,02 \cdot 10^3$
		0,24	$1,18 \cdot 10^3$
3	OK 84.84	0,1	$0,59 \cdot 10^3$
		0,17	$0,84 \cdot 10^3$
		0,24	$1,03 \cdot 10^3$
4	OK 84.58	0,1	$0,96 \cdot 10^3$
		0,17	$1,24 \cdot 10^3$
		0,24	$1,44 \cdot 10^3$
5	OK 84.78	0,1	$0,61 \cdot 10^3$
		0,17	$0,86 \cdot 10^3$
		0,24	$1,07 \cdot 10^3$
6	Серийный материал	0,1	$1,24 \cdot 10^3$
		0,17	$1,54 \cdot 10^3$
		0,24	$1,86 \cdot 10^3$

График износа стали 65Г, при проверке на стенде 77MT-1, при давлении абразива 0,1; 0,17; 0,21 мПа, представлен на рисунке 4.3.

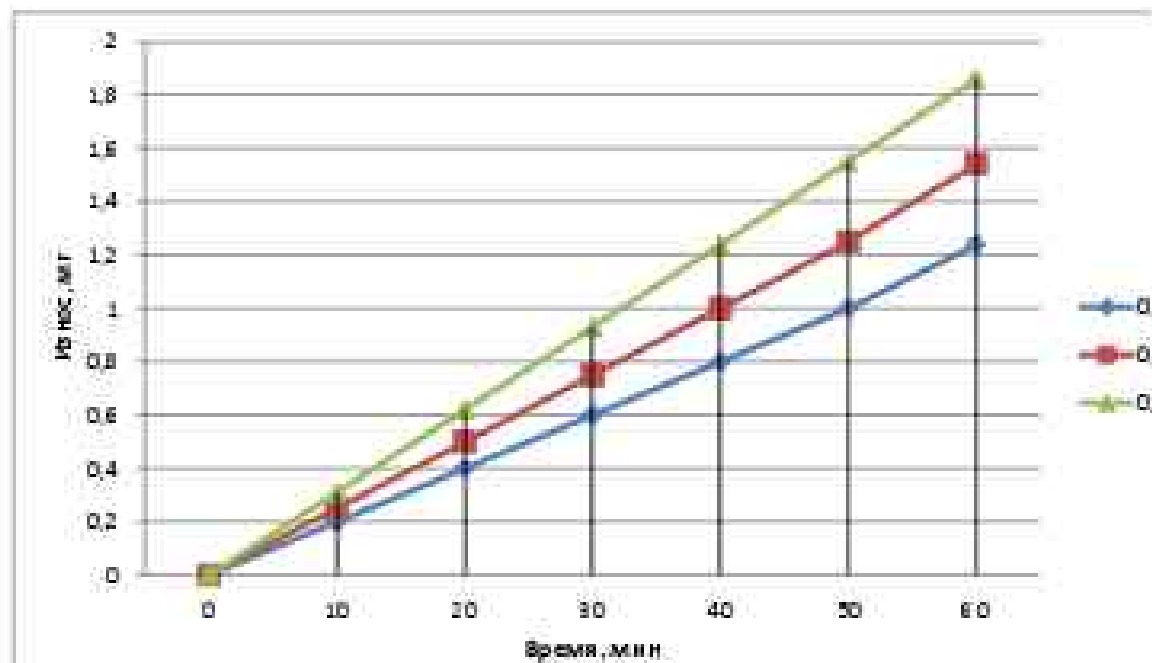


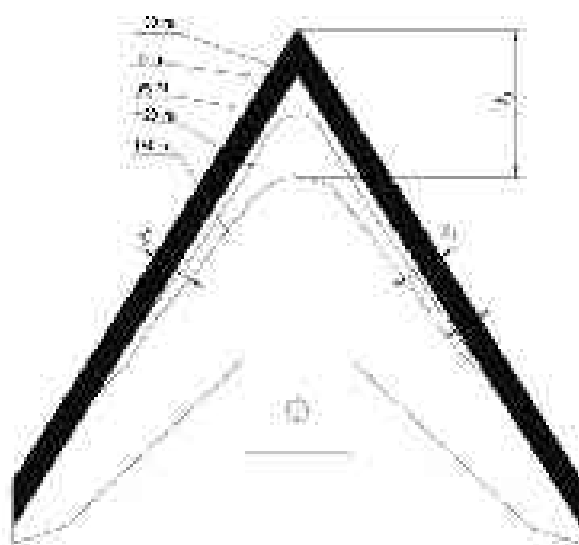
Рисунок 43 – Изменения интенсивности износа образца, в зависимости от давления абразива

4.4 Результаты исследований наплавленных и серийных рабочих органов на износостойкость в полевых условиях

Одна из важных и трудно решаемых задач в сельскохозяйственном машиностроении состоит в повышении износостойкости и долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин, подверженных интенсивному изнашиванию.

В рамках проведения полевых испытаний совместно с Казанским ГАУ и ВЗП «Заволжье» в Республике Татарстан, были проведены испытания рабочих органов почвообрабатывающих машин, упрочненных наплавочными материалами разных марок. Лапы установлены на посевной комплекс «Моррис».

Далее, по описанной выше методике, проводились измерения геометрических размеров через каждые 30, 60, 90, 120, 150 га. По полученным контурам, измерялись расстояния по схеме на рисунке 4.4.



X_1 -износ левого крыла, X_2 -износ правого крыла, X_3 -износ носка.

Рисунок 4.4 - Схема измерения износа лап ПК «Моррис»

Все полученные данные вводились в таблицы.

Таблица 4.5 - Лапы упрочненные электродом ОК 83.65

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм.
		X_1	X_2	X_3
1	30	0,9	1	1,5
2	60	1,7	2,1	3,5
3	90	3,35	3,91	7,85
4	120	7,6	8,3	14
5	150	15,4	16,9	23,2

Таблица 4.6 - Лапы упрочненные электродом ОК 84.84

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм.
		X_1	X_2	X_3
1	30	1,02	1,1	2
2	60	2,11	2,18	6,4
3	90	4,05	4,17	10,1
4	120	9	9,30	17
5	150	17,6	18	25

Таблица 4.7 - Лапы упрочненные электродом ОК 84.80

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм.
		X_1	X_2	X_3
1	30	1,5	1,4	5
2	60	3,13	2,9	9,5
3	90	6,43	6,1	14,9
4	120	12,9	12	22,1
5	150	19,3	18,9	32,6

Таблица 4.8 - Лапы упрочненные электродом ОК 84.58

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм
		X ₁	X ₂	
1	30	1,6	1,8	8,3
2	60	3,55	3,7	9,8
3	90	7,28	7,39	16,2
4	120	14,9	15,4	38,3
5	150	21	23,3	70

Таблица 4.9 - Лапы упрочненные электродом ОК 84.78

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм
		X ₁	X ₂	
1	30	1,6	1,82	7,94
2	60	3,32	3,5	9,7
3	90	7	7,2	15,9
4	120	14,5	15	37,9
5	150	19,8	22,67	65,4

Таблица 4.10 - Лапы без упрочняющих воздействий

№ опыта	Наработка, га	Износ крыльев, мм		Износ носка, мм
		X ₁	X ₂	
1	30	2	2,2	10,3
2	60	4,2	4,3	16,1
3	90	8,8	9	22,5
4	120	16,3	16,3	50,1
5	150	32	32,1	86

По графику видно, что при наработке 150 га, носовая часть и крылья рабочего органа не достигли своих предельных размеров, вероятный срок службы до 200 га. В процессе эксплуатации, лезвие рабочего органа самозатачивалась. Аварийных поломок стрелчатой лапы обнаружено не было.

За время проведения испытаний, аварийных поломок рабочего органа не обнаружилось, при наработке 150 га, износ составил всего 30 мм.

При наработке рабочего органа 150 га, износ составил 36 мм, что значительно близко предельному износу носовой части 50 мм, дальнейшая эксплуатация этой лапы допустима.

При упрочнении рабочего органа таким видом наплавки, ресурс до

замены составляет 130 га, после чего, происходит затупление лезвийной части и дальнейшая эксплуатация не рентабельна.

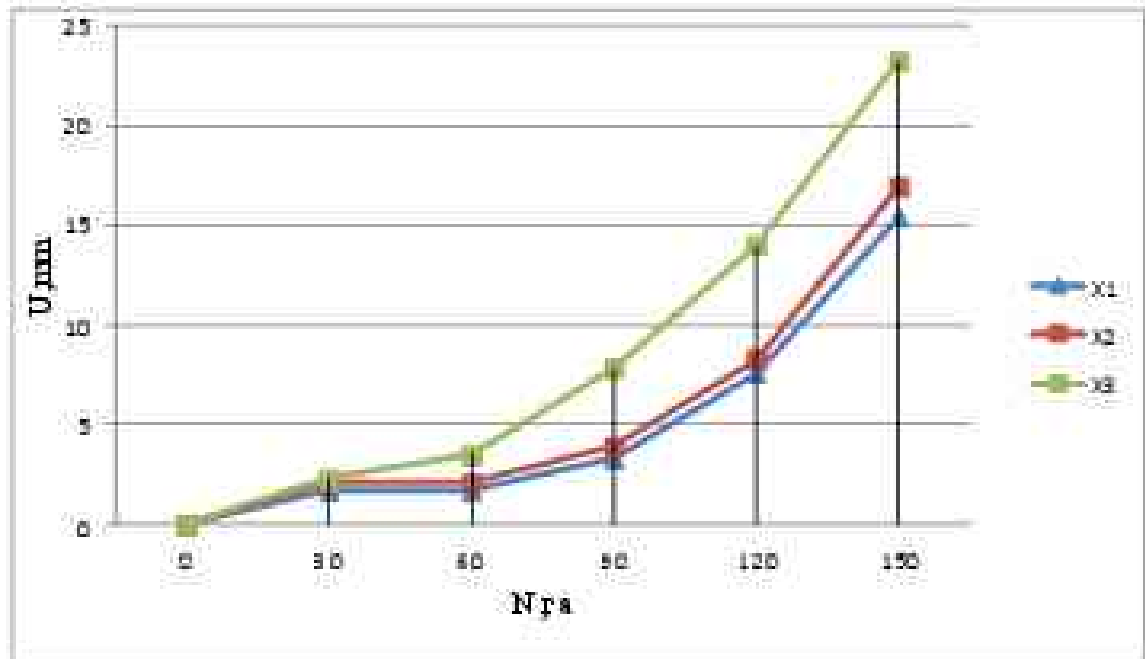


Рисунок 4.5 - График зависимости износа лезвий и носа экспериментальной лопы, от наработки для рабочего органа, наплавленного электродом ОК 33.65

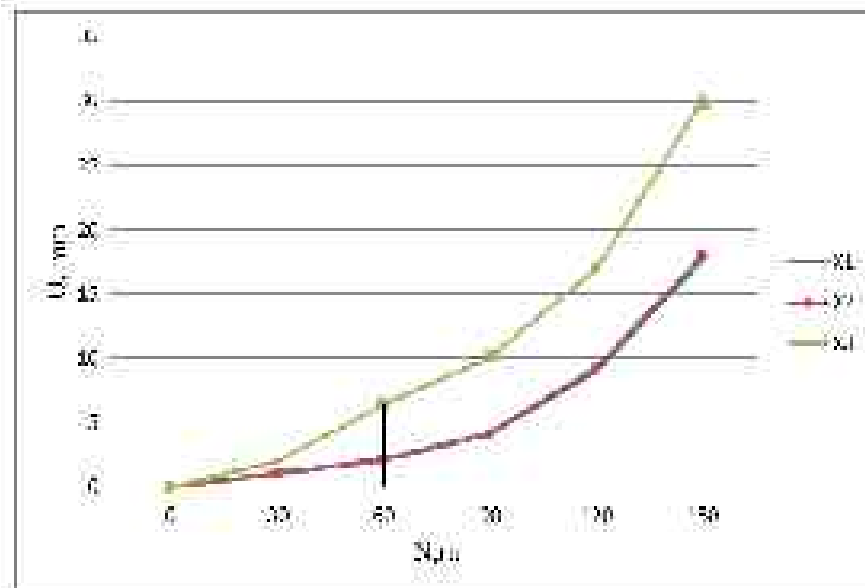


Рисунок 4.6 - График зависимости износа лезвий и носа экспериментальной лопы, от наработки для рабочего органа, наплавленного электродом ОК 34.34.

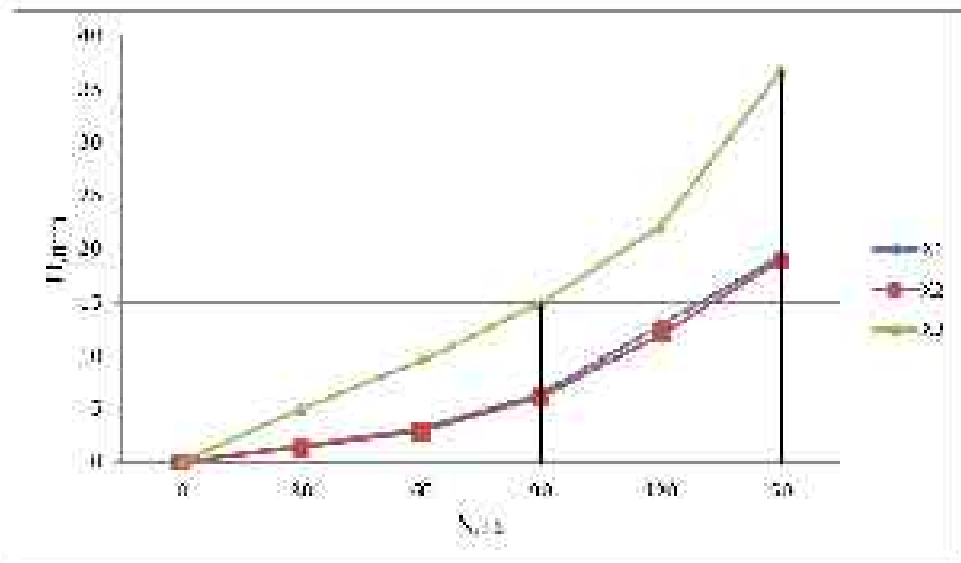


Рисунок 4.7 - График зависимости износа лезвий и носки экспериментальной лапы, от наработки для рабочего органа, наплавленного электродом ОК 34.80

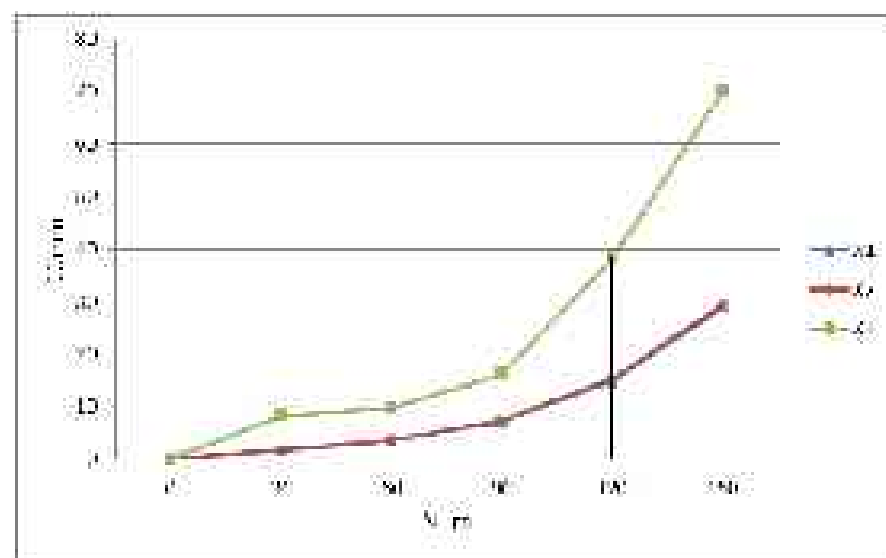


Рисунок 4.8 - График зависимости износа лезвий и носки экспериментальной лапы, от наработки для рабочего органа, наплавленного электродом ОК 34.58

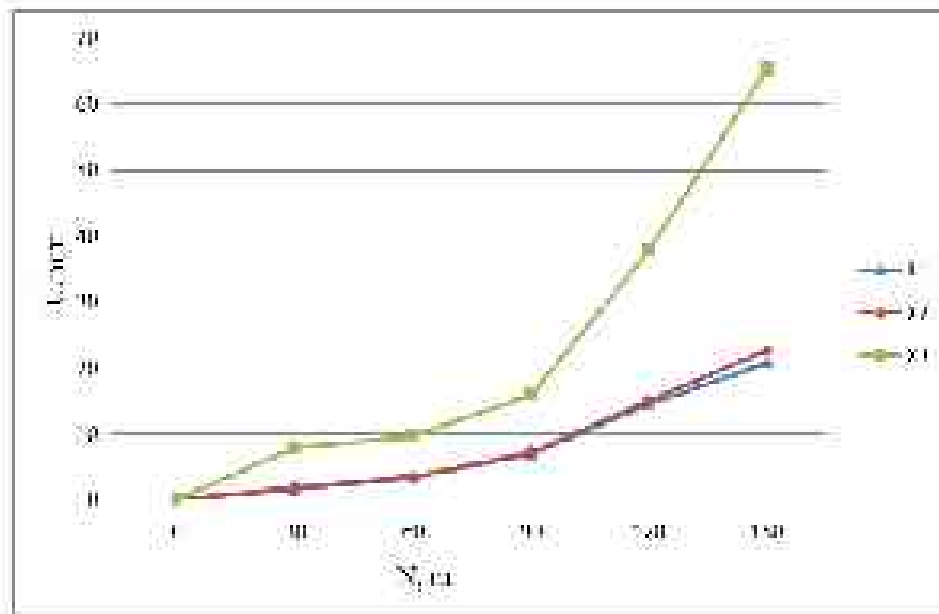


Рисунок 4.9 - График зависимости износа лезвий и носка экспериментальной лапы, от наработки для рабочего органа, наплавленного электродом ОК 34.78.

В процессе эксплуатации рабочего органа с таким видом наплавки, предельный износ наступил при наработке 135 га. Аварийных поломок не обнаружилось.

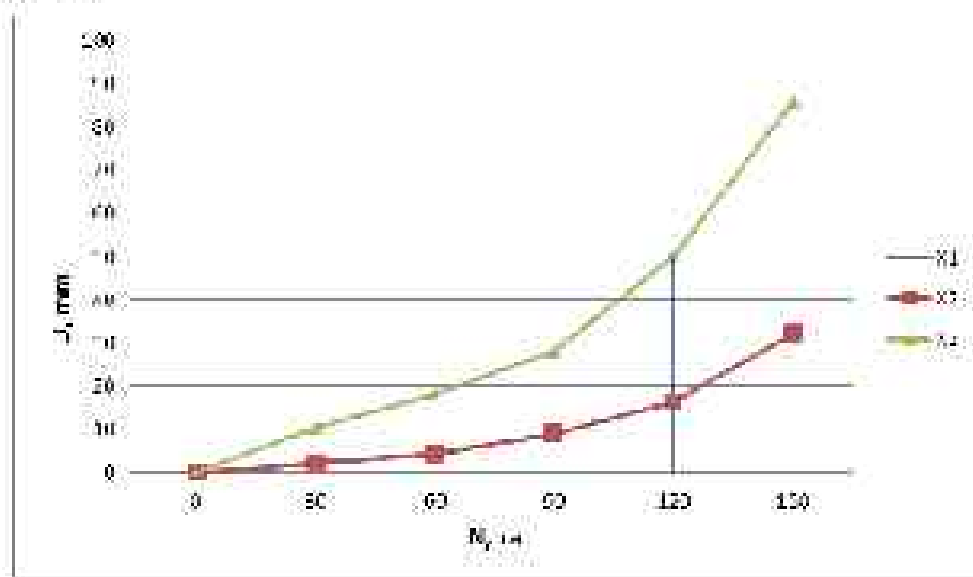


Рисунок 4.10 - График зависимости износа лезвий и носка экспериментальной лапы, от наработки для серийной лапы (U-износ, N-наработка)

Эксплуатация не упрочненных серийных стрелчатых лап не рентабельно, так как предельное состояние наступило при наработке 120 га,

что намного ниже, чем на лапах упрочненных наплавочными материалами описанными выше.

4.5 Результаты сравнительных эксплуатационных испытаний рабочих органов

Проведенные эксплуатационные испытания позволили установить, что зависимость износа носовой части и крыльев лап посевного комплекса «Моррис» от наработки при работе на суглинистых почвах носит практически линейный характер. Причем данная зависимость имеет место для всех испытуемых лап. Полученные результаты хорошо согласуются с исследованиями многих ученых, изучающих изнашивание упрочненных стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий в эксплуатации [8, 11, 63, 72, 76, 81, 88, 89, 91].

Результаты проведенных эксплуатационных испытаний стрелчатых лап посевного комплекса «Моррис» показали, что серийные неупрочненные лапы достигают своего предельного состояния (износ носка 50 мм) и должны быть заменены при наработке 120 га. В то же время стрелчатые лапы, упрочненные наплавкой с тыльной стороны, при такой же наработке имеют износ носка 14 мм, 17 мм, 22.1 мм, 38.3 мм, 20,7 мм соответственно (рисунок 4.11), что в 1,3 и 3 раза ниже, чем у серийной неупрочненной лапы.

4.6 Результаты агротехнической оценки

Агротехническая оценка стрелчатых лап посевного комплекса «Моррис», упрочненных твердосплавными материалами, заключалась в оценке их приспособленности: к подрезанию сорных растений и равномерности рыхления поверхностного слоя почвы на заданную глубину.

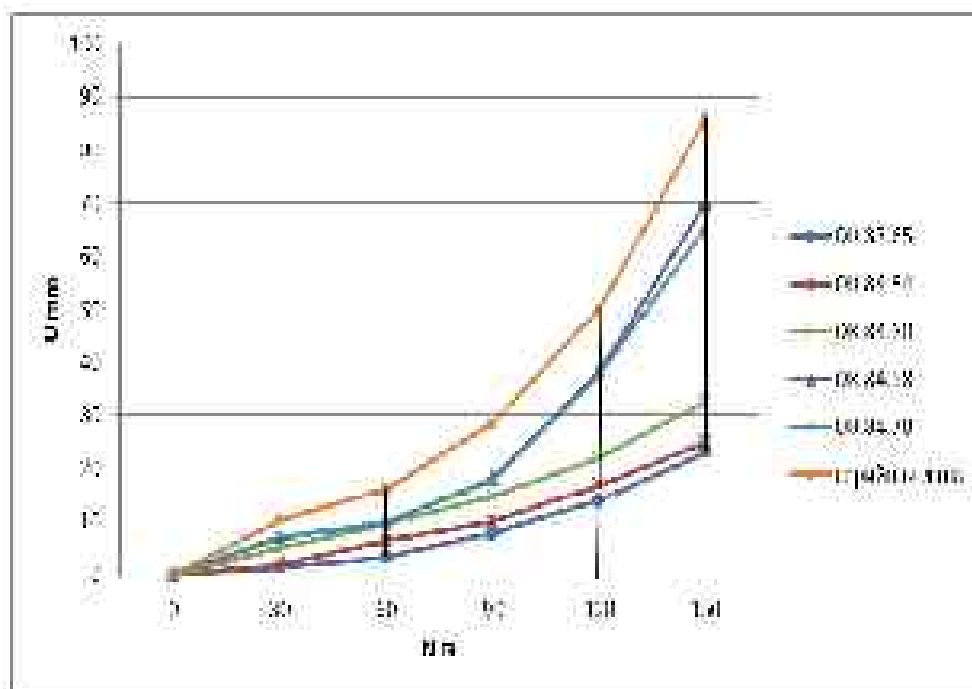


Рисунок 411- Износ носовой части стрелчатых лап в зависимости от наработки.

Проведенные исследования показали, что при обработке до 120 га, на поверхности поля не было сорняков, не потерявших связь с почвой. После наработки более 120 га, на некоторых местах замечались зарытые под землю сорные растения, которые остались не подрезанными. Во время осмотра экспериментальных рабочих органов, было обнаружено, что лезвийная часть серийного рабочего органа затуплена и в результате чего, качество подрезания значительно снизилось. На остальных стрелчатых лапах, лезвия были острыми, из-за эффекта самозатачивания. Аналогичная картина была на всех участках поля, обработанных экспериментальными и серийными лапами. Глубину корневой системы, превышающую или равную глубину обработки, имели не более 10-12 % сорной растительности (в основном это пырей ползучий, осот, полевой вьюнок).

При обработке почвы, соблюдались: равномерности обработки почвы и качество ее крошения.

Полученные результаты позволяют заключить, что степень подрезания сорных растений стрельчатыми лапами упрочненными марки ОК, удовлетворяет агротехническим требованиям обработки почвы.

4.7 Экономическая эффективность внедрения упрочнения стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий

Экономическую эффективность упрочнение можно рассмотреть на примере упрочнения стрельчатых лап посевного комплекса Morris Concept 2000 с использованием упрочняющих наплавленных материалов. Когда определяем экономическую эффективность от внедрения упрочнения, применяем методики, которые содержатся в работах [86,87,88].

Экономическую эффективность от применения упрочнения лап можно найти по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_y = \left(\frac{C_n - C_{ост}^n}{P_n} - \frac{C_y - C_{ост}^y}{P_y} \right) P_y \cdot N_r \quad (4.2)$$

где, $\mathcal{E}_y$ - экономическая эффективность от упрочнения лап, в руб.

C_n, C_y – цена на новые и упрочненные лапы, в руб.

P_n, P_y – наработка новой и упрочненной лапы, га.

$C_{ост}^n, C_{ост}^y$ - остаточная стоимость после эксплуатации новых и упрочненных лап, в руб.

N_r - годовой объем упрочняемых лап.

Цена реализации упрочненной с использованием разработанной технологии стрельчатой лапы обычно должна быть на 30% выше, чем себестоимость её упрочнения. Если посмотреть по формуле, выглядит так:

$$C_y = 0,3 \cdot C_y + C_y, \text{ руб.} \quad (4.3)$$

где C_y – себестоимость упрочнения лапы культиватора, руб.

C_y находят по следующей формуле:

$$C_y = 3П + C_M + C_{из} + ОПУ, \text{ руб.,} \quad (4.4)$$

где ЗП – основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с начислениями, руб.

$C_{\text{м}}$ – стоимость ремонтных материалов, в руб.

$C_{\text{из}}$ – стоимость изношенных деталей (ремонтный фонд), в руб.

ОПУ – расходы, которые направлены создание производства и управление, в руб.

Заработная плата производственных рабочих определяется по формуле

$$\text{ЗП} = \left(\frac{T_{\text{н}} \cdot C_{\text{н}}}{60} + \frac{T_{\text{м}} \cdot C_{\text{м}}}{60} + \dots + \frac{T_{\text{из}} \cdot C_{\text{из}}}{60} \right) \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{з}} \cdot K_{\text{с}} \quad (4.5)$$

где $T_{\text{н}}$, $T_{\text{м}}$... $T_{\text{из}}$ – нормы времени на проведение операции наплавки в расчете на 1 лапу культиватора, мин.

$C_{\text{н}}$, $C_{\text{м}}$... $C_{\text{из}}$ – часовые тарифные ставки необходимых разрядов работ на выполнение наплавки, руб.

$K_{\text{п}}$ – коэффициент, который учитывает доплату по премиям ($K_{\text{п}} = 1,1-1,4$),

$K_{\text{з}}$ – коэффициент, который учитывает заработную плату (дополнительную) ($K_{\text{з}} = 1,1-1,5$),

$K_{\text{с}}$ – коэффициент, который учитывает отчисления на социальное страхование ($K_{\text{с}} = 1,301$).

Сводные данные представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Заработная плата производственных рабочих при упрочнении лапы культиватора

Ном ер операции	Наименован ие операции	Норма времени на выполнение, мин	Часовая тарифная ставка, руб	Заработная плата на операцию, руб
05	Слесарная	4,6	49	4,0
10	Подготовительная	13	54	11,0
15	Нанесение пасты	2,5	52	2,4
20	Судильная	9,1	51	7,4
25	Упрочнение	14	63	15,5
30	Контрольная	1,3	58	1,4
Итого:				41,7

Итак, заработная плата производственных рабочих

$$\text{ЗП} = 41,7 \cdot 1,3 \cdot 1,3 \cdot 1,301 = 91,8 \text{ руб.}$$

Стоимость ремонтных материалов можно найти по формуле:

$$\sum_m = \sum_{i=1}^{\lambda} g_i \cdot C_i, \text{ в руб.} \quad (4.6)$$

где G_i - норма расхода i -го материала на одну лапу при упрочнении;

λ - количество материалов, которые применяются при упрочнении, шт.

C_i - цена 1 кг i -го материала, руб

Облегчённый вид данных для расчётов представлен в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Стоимость ремонтных материалов.

Наименование материала	Норма расхода, кг (шт.)	Цена 1 кг (шт.) материала, руб.	Заплаты на материалы, руб.
1. ОК 83.65	0,68	160	108,8
2. ОК 84.80	0,72	165	118,8
3. ОК 84.84	0,63	143	90,09
4. ОК 84.58	0,67	170	113,9
5. ОК 84.78	0,67	168	112,6

Стоимость изношенной стрелчатой лапы (ремонтного фонда) определяют по цене металлолома:

$$C_{из} = C_{л} \cdot M, \text{ в руб.} \quad (4.7)$$

где $C_{л}$ - цена 1 кг металлолома, руб $C_{л}=13$

M - масса изношенной детали, кг $M=0,9$

$$C_{из} = 13 \cdot 0,9 = 11,7 \text{ руб}$$

Расходы, направленные на создание производства и его управление, находят из соотношения

$$ОПУ = (2..3) \cdot ЗП, \text{ руб.} \quad (4.8)$$

$$ОПУ = 2 \cdot 91,8 = 183,6 \text{ руб.}$$

Возвращаясь к формуле (4.4), будем иметь:

$$C_y = 91,8 + 108,8 + 11,7 + 183,6 = 395,9 \text{ руб.}$$

Возвращаясь к формуле (4.3), получим:

$$C_y = 0,3 \cdot 395,9 + 395,9 = 514,67 \text{ руб.}$$

Таким образом, эффективность внедрения наплавки стрелчатых лап в расчете на одну лапу составит:

$$\mathcal{E}_i = \left(\frac{1240 - 11,7}{40} - \frac{1339,3 - 11,7}{90} \right) 90 = 1431 \text{ руб}$$

По данным Министерства сельского хозяйства на территории Заволжья находится не менее 6 посевных комплексов Monix. Таким образом, годовая программа упрочнения стрелчатых лап твердосплавным электродом ОК 8365, составит более 644 шт.

Таким образом, внедрения упрочнения твердосплавным электродом ОК 8365, в расчете на данное количество упрочняемых лап, составит:

$$C_i = 1431 \cdot 644 = 921564 \text{ руб}$$

Срок окупаемости капитальным вложений можно определить по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_i}, \quad (4.9)$$

где K-капитальные вложения на оборудование, включая наладку, монтаж и доставку, руб.

$$T_{\text{ок}} = 310500 / 921564 = 0,33 \text{ года}$$

4.8 Вывод

1. Представленная технология упрочнения отличается возможностью упрочнения стрелчатых лап большой номенклатуры практически без ограничения по их конфигурации и массе и может быть реализована как на специализированных сервисных предприятиях, так и в небольших мастерских фермерских хозяйств.

2. Износ рабочих органов прямо пропорционален изнашивающей способности почвы и давлению почвы на рабочий орган. Если почва переуплотнена, повышается нагрузка на рабочий орган, и тем самым, увеличивается его изнашивающая способность.

3. Стрельчатые лапы посевного комплекса Morris Concept 2000, имеют очень низкий ресурс, в наших экспериментах, наработка до предельного состояния составила 120 га, в то время как рабочий орган, упрочненный твердосплавным материалом ОК 83.65, при той же наработке, износ носка составлял всего лишь 14 мм.

4. При наработке 120 га, качество подрезания сорных растений у оригинальных стрельчатых лап снизилось, в то время при обработке почвы с использованием упрочненных рабочих органов, при наработке 120, агротехнические требования соблюдались.

5. Ожидаемый расчетный годовой экономический эффект от внедрения разработанной технологии в масштабах Заволярья составит 921564 рублей при упрочнении 644 лап посевных комплексов Моррис, что подтверждает целесообразность ее внедрения в производство. Срок окупаемости капитальных вложений – 0,3 года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В научно-квалификационной работе, представлено решение актуальной научно-практической задачи, повышение износостойкости стрельчатых лап посевного комплекса Mbpia Concept 2000, наплавкой износостойких покрытий.

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования позволили сделать следующие выводы:

- 1 Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин электродуговой наплавкой, является самым доступным методом упрочнения для сельскохозяйственных предприятий, этим методом можно упрочнить рабочие органы любой формы и конфигурации, не требуется специализированное оборудование.

- 2 За счет правильного подбора наплавочного материала для лезвийной части рабочего органа, стрельчатые лапы самозатачивались за весь срок эксплуатации (до 150 га), это было достигнуто за счет разности твердости упрочняющей наплавки и твердости материала изготовленной лапы.

- 3 Важным параметром при подборе упрочняющих материалов, является критерий твердости K_c , так как, если твердость абразивных частиц почвы превышает твердости наплавочного материала, будет происходить процесс разрушения слоя металла и тем самым, произойдет преждевременный выход из строя стрельчатой лапы, что и произошло с серийной лапой без упрочняющих воздействий. В процессе эксплуатации, происходит преждевременный износ носовой части и затупление лезвия.

- 4 Проведя сравнительные лабораторные испытания на машине трения наплавленных пластин, была выявлена износостойкость этих материалов, наибольшей износостойкостью обладает наплавленный электрод ОК 83.65, в то же время как, износ за 60 мин стали 65Г, при тех же условиях был больше в 2 раза.

- 5 При проведении испытаний на машине трения, была выявлена

зависимость интенсивности изнашивания образцов от давления абразива, с увеличением давления абразива, износ увеличивался по линейной зависимости.

6. Эксплуатационные испытания, проведенные на полях ВЗП «Заволжье», показали, что серийные неупрочнённые стрельчатые лапы посевного комплекса Morris Concept 2000, достигли своего предельного состояния (износа носовой части 50 мм) при наработке 120 га, а стрельчатые лапы упрочненные наплавочным электродом ОК 83.65, при такой же наработке, имели износ носовой части всего 14 мм. Таким образом, материал ОК 83.65, хорошо зарекомендовал себя, для упрочнения стрельчатых лап посевного комплекса «Моррис».

7. Упрочнение стрельчатых лап посевных машин электродами ОК 83.65 внедрена ВЗП «Заволжье» в Зеленодольском районе Республики Татарстан. Годовой экономический эффект от внедрения составит 921564 руб и срок окупаемости составит 0,3 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетенья Г.Ф. Ресурсо- и энергосберегающие технологии и материалы для изготовления и упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович, В.С. Голубев и др. // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса в АПК: доклады Международной науч.-практ. конф. Ч. 1. Минск: БГАТУ. - 2009. - С. 30-42.
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.
3. Горячкин В.П. Собрание сочинений в трех томах. - М.: Колос, 1965.
4. Резание грунтов. Сборник статей. / Под редакцией Спиваковского А.О., и Зеленина А.Н. - М.: Изд-во Академии Наук СССР, 1951. - 158 с.
5. Дмитриченко С.С. Усовершенствованные методы оценки расчетной долговечности деталей и узлов мобильных машин. // Доклады международной конференции Оценка и обоснование продления ресурса элементов конструкции.-Киев, 2000.
6. Соловьев С.А. Влияние расположения стрельчатых лап культиваторов посевных комплексов на их износ / С.А. Соловьев, И.В. Козарез, С.А. Феськов // Тракторы и сельхозмашины. - 2015. - № 11. - С 40-42. Кирюхин В.Г. Изыскание и исследование плужного корпуса для пахоты на повышенных скоростях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Москва, 1974.
7. Мацепуро М.Е. Творческое применение учения академика В.П. Горячкина в научных исследованиях по механизации сельского хозяйства - Минск: Изд - во АН БССР, 1956. - 208 с.
8. Нартов П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия. - Воронеж: Изд - во Воронежского Университета, 1972.
9. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Под ред. М.И. Клецкина: в 4-х т. -М.: Машиностроение, 1967. - Т. 1. - 722 с.
10. Godwin R.J., Seig D.A.T., Allot M. The development and evaluation of a

force prediction model for agricultural disks // Integration Conference on Soil Dynamics. - Alabama. Auburn, 1985. - V.2.

11. Хокинг М., Васантаери В., Сидки П. Металлокерамические и керамические покрытия. М. «Мир», 2000.

12. Глушков Г.И. Технология покрытия твердыми сплавами быстроизнашивающихся деталей. - Л.: ОНТИ НКТП - СССР, 1978.

13. Стрельбитский В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины. — М.: Машиностроение, 1978

14. Тененбаум М.М. Сопротивление абразивному изнашиванию. -М.: Машиностроение, 1976.

15. Бартенев И.М. Изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин / И.М. Бартенев, Е.В. Поздняков // Лесотехнический журнал. - 2013. - №3. - С. 114-123.

16. Синеоков Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1965 -311 с.

17. Казаров К.Р. Основы теории и расчета рабочих органов сельскохозяйственных машин: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / К.Р. Казаров. - Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2008. - 228 с.

18. Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. - М: Колос, 1970.-423 с.

19. Johnston R., Birtwistler R. Weatland Disk Plough Investigation, II Disk Forces // Journal of Agric. Engg. Research, 1963 - V. 8 - №4 - p. 312-326.

20. Стрельбицкий В.Ф. Силовые характеристики плоских и сферических дисков луцильников // Тракторы и сельхозмашины. - 1969. - №5. - С. 21-22.

21. Гончаров П.Э. Повышение эффективности рабочих органов дисковых борон при обработке почвы на вырубках: Автореф. дис....канд. техн. наук. - Воронеж, 1998. - 21 с.

22. Винокуров В.Н. Теоретические и экспериментальные исследования изнашивания и долговечности почворезущих элементов машин и орудий, применяемых в лесном хозяйстве: Дис.. докт. техн. наук. - Москва,

1980. -518 с.

23. Зеленин А.Н. Резание грунтов. - М.: Наука, 1971.
24. Краснощекое Н.В. Дисковые орудия для работы на повышенных скоростях // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1962. - №4.
25. Казаров, К.Р. Конструкция, теория и расчет рабочих органов сельскохозяйственных машин: Практикум / К.Р. Казаров, А.П. Тарасенко, В.В. Василенко и др. - Воронеж, 2008. - 228 с.
26. Сидоров С.А. Материалы деталей трансмиссии и привода. Материалы рабочих органов. Износостойкие твердые сплавы и технологические методы их нанесения // Машиностроение. Энциклопедия. Том IV - 16: Сельскохозяйственные машины и оборудование. - М.: Машиностроение, 1998. - С. 55-61.
27. Сидоров С.А. Преимущества двойной заточки двухслойного наплавленного лезвия // Тракторы и сельхозмашины. - 1998. - №11. - С. 54.
28. Розенбаум А.Н. Исследование износостойкости сталей для режущих органов почвообрабатывающих орудий / В кн. Исследование материалов деталей сельскохозяйственных машин. // Труды ВИСХОМ. Вып. 53. - М.: 1969 -С. 3-123 с.
29. Муртазин Г.Р. Повышение ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин / Г.Р. Муртазин, Б.Г. Зиганшин, С.М. Яхин // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 10. - С. 32-34. Сидоров С.А. Технический уровень и ресурс рабочих органов сельхозмашин // Тракторы и сельхозмашины. - 1998. - №3. - С. 29.
30. Сидоров С.А. Критерии целесообразности использования в сельхозмашинах упрочненных рабочих органах // Тракторы и сельхозмашины. - 1998.-№10.-С. 42-43.
31. Васильев С.П., Ермолов Л.С. Об изнашивающей способности почв // Сб. Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин. Под редакцией проф. Хрущева М.М./ М.: Машгиз, 1960.

32. Ермолов Л.С. и др. Основы надежности сельскохозяйственной техники. - М.: Колос, 1974. - 88 с
33. ГОСТ 9454 - 60. Испытания на ударную вязкость. - М.: Изд-во стандартов, 1961.
34. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование влияния твердости абразива на износ металлов // В сб. Трение и износ в машинах. Том XI. - М.: Изд-во АН СССР, 1956..
35. Крагельский И.В. Трение и износ. — М.: Машиностроение, 1968. -480 с.
36. Казарян К.Г., Семенов АЛ., Воронин Н.А. Методика исследования абразивного изнашивания при граничной смазке // Вестник машиностроения. 1984. № 12. С. 40-42.
37. Конструкционные материалы: Справочник/ Под ред. Б.Н. Арзамасова. М.: Машиностроение, 1990. -687 с.
38. Аулов В.Ф. Наплавка ТВЧ износостойких покрытий для упрочнения лап культиваторов / В.Ф. Аулов, П.В. Лужных, А.Н. Строев // Инновации в сельском хозяйстве. - 2013. - № 3 (5). - С. 54-56.
39. Аулов В.Ф. Разработка технологии упрочнения рабочих органов сельхозмашин с большим износом / В.Ф Аулов, В.П. Лялякин, А.В. Ишков и др. // Труды ГОСНИТИ. - 2016. Т. 123. - С. 153-158.
40. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании. М.: Машиностроение, 1966. - 330 с.
41. Кортенски Х.Г., Троплев П.В. Наплавка с термомеханической обработкой металла шва и армированием его поверхности порошковыми материалами. Сварочное оборудование, 1972. №1.
42. Демиденко Я.М. Высокоогнеупорные композиционные покрытия. М.: Металлургия, 1979. 44.Кречмар Э. Напыление металлов, керамики и пластмасс. — М.:
43. Технологические особенности формирования и свойства

композиционных покрытий, полученных электроконтактным припеканием порошковых сред//Гун Г.С., Цун А.М., Чукин М.В., Адамчук В.С.//Тез. докл. науч.-техн. конф.: Применение порошковых материалов для упрочняющих и восстанавливающих покрытий. Магнитогорск: МГМИ, 1990.

44. Residual stresses within thermal sprayed layery. Stiesl V. "DVS-Ber", 1983.

45. Скворцов Б.П. Сидоренко Ю.А. Расчет остаточных напряжений в газотермическом напыленном слое: Сб. науч. тр. Белорусской с.-х. акад. - Минск: Наука и техника, 1984. №123.

46. Пузан С.А. Калянов В.Н. Исследование остаточных напряжений в напыленных покрытиях/УСварочное производство. 1986. №1.

47. Кислый П.С. Разработка и применение композиционных материалов на основе алмаза и тугоплавких соединений./В кн.: Композиционные сверхтвердые материалы. - Киев: ИСМ АН УССР, 1979.

48. Рекомендации по восстановлению лемехов плугов - М.: ГОСНИТИ. 1986.

49. Черновол М.И. Восстановление изношенных деталей композиционными покрытиями./В кн.: Композиционные материалы в породоразрушающих инструментах. Тезисы докладов 1-й Всесоюзной научно-технической конференции. — Ивано-Франковск. 1987.

50. Доропекин Н.Н., Гиммельфарб В.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин. -Минск: Урожай, 1987.

51. Доропекин Н.Н., Ярошевич З.К. Импульсные методы нанесения порошковых покрытий. - Минск: Наука и техника, 1985.

52. Виноградов В.В. Восстановление и упрочнение стрелчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами / В.В. Виноградов // Молодежь и XXI век - 2016: Материалы VI Международной молодежной научной конференции. Курск. - 2016. - С. 89-94.Газометрическое напыление композиционных порошков./А.Я. Кулик,

Ю.С. Борисов А.С. Мнухин, М.Д. Никитин — Л.: Машиностроение.

Ленингр. отд-ние, 1985

53. Ю.Л. Рыжих В.В. Коршунов, А.С. Юдников, О.А. Пикало, В.Н. Саковцева. «Методы скоростного электродугового борирования и экзотермического металлоплакирования для упрочнение деталей», М. «Ремонт, восстановление, модернизация» №11, 2007, с. 12-16.

54. Поляченко А.В. Восстановление и упрочнение деталей контактной приваркой износостойких покрытий. - В сб.: Повышение качества и эффективности сварочного производства на предприятиях г. Москвы, 1982, с. 77-80.

55. Демиденко Я.М. Высокоогнеупорные композиционные покрытия. М.: Металлургия, 1979.

56. Справочник. Композиционные металлические материалы. А.Г. Туманов, К.Н. Портного - М.: ОНТИ ВИАМ, 1972.

57. Стриганов А.И., Гоц А.Б., Дробышевский А.С. Оптимизация процесса напыления покрытий//Изв. вузов. Черная металлургия. 1986. №7.

58. Пошита И., Черновол М.И. Применение комбинированных материалов при восстановлении деталей машин. Praga, VSZ, 1987.

59. Ерохин М.Н., Новиков В.С., Беликов И.А. Новое направление повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин - применение технической керамики. - М., 2000.

60. Материалы будущего: перспективные материалы для народного хозяйства. Перевод с немецкого (под редакцией А.Нейман, Л.Химия), 1985.

61. Информационный листок. Дуговая точечная наплавка рабочих органов почвообрабатывающих машин. Киев, 1991.

62. Торгопольский Ю.М., Жигун И.Г., Поляков В.А. Пространственно-армированные композиционные материалы. Справочник, - М.: Машиностроение, 1987.

63. Верещака А.С, Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. -М.: Машиностроение, 1986.

64. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей

сельскохозяйственных машин. — М.: Машиностроение. 1971.

65. Аулов В.Ф. Новая конструкция носовой части стрелчатых лап / В.Ф. Аулов, Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский и др. // Сельский механизатор. - 2013. - № 10. - С. 34-35.

66. Аулов В.Ф. Эффективная конструкция упрочненной носовой части стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий / В.Ф. Аулов, Н.Т. Кривочуров, В.В. Иванайский и др. // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 114

67. Белый А.В. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев / А.В. Белый, Г.Д. Карпенко, К.Н. Мышкин. - М.: Машиностроение, 1991. - 257 с. № 1. - С. 116-121.

68. Казаров К.Р. Конструкция, теория и расчет рабочих органов сельскохозяйственных машин: Практикум / К.Р. Казаров, А.П. Тарасенко, В.В. Василенко и др. - Воронеж, 2008. - 228 с.

69. Михальченков А.М. Методология проведения ускоренных сравнительных испытаний на абразивное изнашивание материалов с различным составом, строением и свойствами / А.М. Михальченков, В.П. Лялякин, М.А. Михальченкова // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 116. - С. 91-96.

70. Мишустин Н.М. Конструирование упрочняющего покрытия с учетом реального износа детали / Н.М. Мишустин, В.В. Иванайский, Н.Т. Кривочуров, и др. // Ползуновский альманах. - 2010. - №1. - С. 75-80.

71. Подкатилов К.Е. К вопросу самозатачивания культиваторных лап с верхним упрочнением твердым сплавом / К.Е. Подкатилов // Проектирование рабочих органов уборочных почвообрабатывающих с.-х. машин, агрегатов для кормопроизводства: Межвузовский сб. ВИСХОМ. - Ростов-на-Дону. - 1982. - С. 98-104.

72. Рабинович А.Ш. Повышение работоспособности и сроков службы режущих рабочих органов машин путем обеспечения их самозатачивания / А.Ш. Рабинович // Повышение надежности и долговечности сельскохозяйственных машин. - М., 1964. - С. 342-353.

73. Севернев М.М. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин /

М.М. Севернев, Н.Н. Подлекарёв, В.Ш. Сохадзе и др. // Под редакцией М.М. Севернева. - Минск: Беларуская навука, 2011. - 333 с.

74. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания / В.Н. Ткачев. - М.: Машиностроение, 1995. - 336 с.

75. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущов, М.А. Бабичев. - М.: Наука, 1970. - 252 с.

76. Крагельский И.В. Трение и износ. — М.: Машиностроение, 1968. - 480 с.

77. ОСТ 10.4.2-01. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной обработки почвы. Программа и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2001. - 129 с.

78. Сидоров С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: дисс. ... док. тех. наук / Сидоров Сергей Александрович. - М., 2007. - 441 с.

79. Сидоров С.А. Повышение ресурса почворезущих органов наплавочными сплавами / С.А. Сидоров, А.И. Сидоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2003. - №9. - С. 20-22.

80. Титов Н.В. Упрочнение рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде / Н.В. Титов // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании-2012: сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. Т. II. Одесса: КУПРИЕНКО - 2012. - С. 46-48.

81. Шепелев Ю.С. Наплавка рабочих органов почвообрабатывающих машин / Ю.С. Шепелев, А.И. Любич, А.А. Аникин, и др. // Техника в сельском хозяйстве. - 1983. - № 7. - С. 51-52.

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

83. Михальченков А.М. Методология проведения ускоренных сравнительных испытаний на абразивное изнашивание материалов с

различным составом, строением и свойствами / А.М. Михальченков, В.П. Лялякин, М.А. Михальченкова // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 116. - С. 91-96.

84. Михальченков А.М. Износы культиваторных лап посевного комплекса «Моррис» / А.М. Михальченков, С.А. Феськов // Достижения науки и техники АПК. - 2013. - № 10. - С 55-58.

85. Лялякин В.П. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами / В.П. Лялякин, С.А. Соловьев, В.Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ. - 2014. - Т. 115. - С. 96-104.

86. Лебедев К.А. Повышение ресурса культиваторных лап / К.А. Лебедев, А.Т. Лебедев, Р.А. Магомедов и др. // Научное обозрение. - 2015. - № 3. - С. 50-57.

87. Красноступ С.М. Испытания сельскохозяйственной техники и орудий для полеводства: Учебное пособие / С.М. Красноступ, Ю.А. Царев, А.Г. Далальянц. - Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2012. - 135 с.

88. Кардашевский С.В. Испытания сельскохозяйственной техники / С.В. Кардашевский, Л.В. Погорелый, Т.М. Фудиман и др. - М.: Машиностроение, 1979. - 288 с.

89. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. - М.: Наука, 1976. - 279 с.

90. Столин А.М. Нанесение защитных покрытий электродуговой наплавкой СВС-электродами / А.М. Столин, П.М. Бажин, М.В. Михеев и др. // Сварочное производство. - 2014. - №8. - С. 52-56.

91. Титов Н.В. Анализ перспективных способов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Н.В. Титов, А.В. Коломейченко, В.В. Виноградов // Техника и оборудование для села. - 2013. - №10. - С. 33-36.

92. Феськов С.А. Надежность стрелчатых культиваторных лап (технологии и их возможности) / С.А. Феськов // Вестник Брянской ГСХА. - 2015. - №1. - С. 46-52.

93. Маяускас И.С. Влияние давления почвы на износ рабочих деталей почвообрабатывающих машин // Вестник машиностроения. - 1958. - № 10 -С. 30-32.
94. Шпилько А.В. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Под ред. А.В. Шпилько. - М.: Прогресс - Академия, 1998. - 219 с.
95. Драгайцев В.И. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / В.И. Драгайцев, П.Ф. Тулапин, Т.Я. Бутенко. - М.: Экономика, 1998. - 219 с.
96. Кузнецов Ю.А. Техничко-экономическое обоснование инженерных решений в дипломных проектах: Учебное пособие / Ю.А. Кузнецов, А.В. Коломейченко, К.В. Кулаков и др. - Орел: ФГБОУ ВПО Орел ГАУ, 2014. - 124 с.
97. Исследование эффективности восстановления деталей схм технологическими методами / Ситдилов Ш.К., Гайнутдинов И.Р., Калимуллин М.Н. // В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. 2019. С. 41-45.



СПРАВКА

о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Ситдилов Шамиль Равилович
Подразделение	Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»
Тип работы	Магистерская диссертация
Название работы	2020_Ситдилов_ШР_35.04.06_Калимуллин
Название файла	2020_Ситдилов_ШР_35.04.06_Калимуллин.docx
Процент заимствования	28.89 %
Процент самоцитирования	0.00 %
Процент цитирования	0.66 %
Процент оригинальности	70.46 %
Дата проверки	16:40:29 19 июня 2020г.
Модули поиска	Модуль выделения библиографических записей; Сводная коллекция ЭБС; Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска "КГАУ"; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Кольцо вузов

Работу проверил Калимуллин Марат Назипович
ФИО проверяющего

Дата подписи

19.06.20

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться
в подлинности справки,
используйте QR-код, который
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.

ОТЗЫВ

на магистерскую диссертацию

студента Ситдикова Ш.Р. на тему «РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКОЙ».

В настоящее время в сельском хозяйстве для обработки почвы используется большое количество почвообрабатывающей техники (культиваторы, посевные комплексы, сеялки, рыхлители и др.), широко применяемыми рабочими органами которых являются стрелчатые лапы.

В процессе эксплуатации, стрелчатые лапы вследствие прямого воздействия абразивных частиц интенсивно изнашиваются, что приводит к значительному снижению качества выполняемых полевых работ.

Основные дефекты лап культиваторов – затупление лезвийной части, износы носка и крыльев по ширине на всей длине, наличие деформаций и трещин, изломы, погнутость плоскости. Более 90% стрелчатых лап теряют работоспособное состояние из-за предельного износа носка и ширины крыльев.

Износостойкость стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий целесообразно увеличивать, используя упрочнение их режущих поверхностей. В настоящее время известно большое количество способов упрочнения рабочих поверхностей различных деталей. Однако не все они целесообразны для увеличения износостойкости стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий, которые работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания при значительных нагрузках. Для их упрочнения чаще всего используют следующие основные способы:.....

В связи с этим снижение изнашивания и, как следствие, повышение износостойкости и ресурса стрелчатых лап является одной из важных и актуальных научных проблем для предприятий, эксплуатирующих сельскохозяйственную технику.

Одним из путей повышения износостойкости стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий является применение упрочняющих технологий.

Перед Ситдиковым Ш.Р. были поставлены задачи: установить аналитическую зависимость износостойкости наплавочных материалов от твердости; Провести лабораторные и полевые исследования упрочненных рабочих органов для определения их твердости и износостойкости; провести

сравнительные испытания неупрочненных серийных лап посевного комплекса Morris Concept 2000 и упрочненных твердосплавными наплавками; определить влияние давления абразива на машине трения 77MT-1 на износостойкость наплавленных материалов, провести сравнительную оценку агротехнических показателей работы упрочненных и серийных рабочих органов посевного комплекса Morris concept 2000, провести экономическое обоснование наплавки износостойких материалов. С поставленными задачами Ситдигов Ш.Р. справился успешно. Им разработана программа и методика экспериментальных исследований, на основе которых были проведены исследования и сделаны соответствующие выводы.

Кроме этого в магистерской диссертации Ситдикова Ш.Р. подробно дан анализ применяемых методов и способов восстановления деталей сельскохозяйственных машин и агрегатов, представлены особенности их использования.

Ситдигов Ш.Р. в процессе учебы в магистратуре и работы над магистерской диссертацией проявил себя только с положительной стороны. При выполнении выпускной квалификационной работы Ситдигов Ш.Р. показал свою способность и умение, опираясь на полученные знания, самостоятельно решать на современном уровне задачи своей профессиональной деятельности, профессионально излагать специальную информацию, научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

Считаю, что данная магистерская диссертация представляет собой самостоятельную и логически завершенную выпускную квалификационную работу, связанную с решением задач производственно-технологического и научно-исследовательского видов, а Ситдигов Ш.Р. заслуживает присвоения ему степени магистра.

Научный руководитель, д.т.н., профессор
кафедры «Эксплуатация и ремонт машин»


С отзывом ознакомлен и согласен
Калимуллин М.Н.

С отзывом ознакомлен

 (Ситдигов Ш.Р.)

« 15 » 06 20 20 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на выпускную квалификационную работу

Выпускника Ситдикова Шамиля Равиловича

Направление Агроинженерия

Направленность Технический сервис в сельском хозяйстве

Тема ВКР Разработка и обоснование восстановления рабочих органов почвообрабатывающих машин электродуговой наплавкой

Объем ВКР: текстовые документы содержат: 76 страниц, в т.ч. пояснительная записка 76 стр.; включает: таблиц 17, рисунков и графиков 31, фотографий нет, список использованной литературы состоит из 97 наименований.

1. Актуальность темы, ее соответствие содержанию ВКР Тема является актуальной и соответствует содержанию проекта

2. Глубина, полнота и обоснованность решения поставленных задач Поставленные перед выпускником задачи были решены и обоснованы полностью

3. Качество оформления ВКР Отлично

4. Положительные стороны ВКР (новизна разработки, применение информационных технологий, практическая значимость и т.д.)

Разработка является новой и может быть внедрена в условиях ремонтно-обслуживающих предприятий как сельскохозяйственных предприятий, так и городских СТО и АТП. При написании ВКР были использованы информационные технологии.

5. Компетентностная оценка ВКР

Компетенция	Оценка компетенции *
способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)	Отлично
готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения (ОК-2)	Отлично
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)	Отлично
готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1)	Отлично
готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОПК-2)	Хорошо
способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения (ОПК-3)	Отлично
способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении стандартных и нестандартных профессиональных задач (ОПК-4)	Хорошо
владением логическими методами и приемами научного исследования (ОПК-5)	Отлично
владением методами анализа и прогнозирования экономических эффектов и последствий реализуемой и планируемой деятельности (ОПК-6)	Хорошо
способностью анализировать современные проблемы науки и производства в агроинженерии и вести поиск их решения (ОПК-7)	Хорошо
способностью и готовностью организовать на предприятиях агропромышленного комплекса высокопроизводительное использование и надежную работу сложных технических систем для производства, хранения, транспортировки и первичной переработки продукции растениеводства и животноводства (ПК-1)	Отлично
способностью и готовностью применять знания о современных методах исследований (ПК-4)	Отлично
способностью и готовностью организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, вести поиск инновационных решений в инженерно-технической сфере АПК (ПК-5)	Отлично
Средняя компетентностная оценка ВКР	Отлично

* Уровни оценки компетенции:

«**Отлично**» – студент освоил данную компетенцию на высоком уровне. Он может применять (использовать) её в нестандартных производственных ситуациях и ситуациях повышенной сложности. Обладает отличными знаниями и умениями по всем аспектам данной компетенции. Владеет полными навыками применения данной компетенции в производственных и (или) учебных целях.

«**Хорошо**» – студент полностью освоил компетенцию, эффективно применяет её при решении большинства стандартных производственных и (или) учебных задач, а также в некоторых

нестандартных ситуациях. Обладает хорошими знаниями и умениями по большинству аспектов данной компетенции.

«Удовлетворительно» – студент не полностью освоил компетенцию. Он достаточно эффективно применяет освоенные знания при решении стандартных производственных и (или) учебных задач. Обладает хорошими знаниями по многим важным аспектам данной компетенции.

«Неудовлетворительно» – студент не освоил или находится в процессе освоения данной компетенции. Он не способен применять знания, умение и владение компетенцией как в практической работе, так и в учебных целях.

6. Замечания по ВКР

1. В первом разделе пояснительной записки автором проанализированы множество методов упрочнения рабочих поверхностей деталей, но в четвертом разделе экспериментальные проверки проводятся лишь метода наплавки электрода.

2. Во втором разделе представлено 25 формул, но расчет произведен лишь по формуле определения равностойкости стрелчатой лапы.

3. В четвертом разделе пояснительной записке представлено большое количество графиков, показывающих большой объем экспериментальной работы, но нет данных, подтверждающих сходимость, адекватность полученных результатов. Также следовало представить уравнение регрессии хотя бы для одного графика.

4. Из выпускной работы не ясно, почему автор исследует лапы именно посевного комплекса Morris Concept-2000. В Республике Татарстан количество таких агрегатов незначительно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рецензируемая выпускная квалификационная работа отвечает (~~не отвечает~~) предъявляемым требованиям и заслуживает оценки отлично, а ее автор Ситдигов Ш.Р. достоин (~~не достоин~~) присвоения квалификации «магистр»

Рецензент:

к.т.н., доцент каф. МОА
учёная степень, ученое звание


подпись

/М.А. Лушнов/
Ф.И.О

«15» июня 2020 г.

С рецензией ознакомлен*


подпись

/Ситдигов Ш.Р./
Ф.И.О

«15» июня 2020 г.

*Ознакомление обучающегося с рецензией обеспечивается не позднее чем за 5 календарных дней до дня защиты выпускной квалификационной работы.