

Скобло Т.С.

Рыбалко И.Н.

Тихонов А.В.

Мартынченко А.Д.

Харьковский национальный
технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко,
г. Харьков, Украина
E-mail: irybalko.ua@gmail.com

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ, УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА

УДК 631.171

Скобло Т.С., Рыбалко И.Н., Тихонов О.В. Мартыненко О.Д. «Анализ способов изготовления, зміцнення і відновлення стрілочастих лап культиваторів»

Дана работа є узагальненням виявленої інформації про різні методи і підходи для підвищення експлуатаційної стійкості стрілочастих лап з використанням нових технічних рішень. Питанню відновлення, зміцнення і підвищення ресурсу ґрунтообробних робочих органів присвячена велика кількість досліджень, частина з яких відноситься безпосередньо до робочих органів культиваторів.

Зношені і низькоякісні стрілочасті лапи значно знижують ефективність і якість проведення робіт, їх використання призводить до недотримання агротехнічних термінів. Крім цього, ґрунтообробна техніка додатково простоє через заміну зношених стрілочастих лап. Все перераховане в разі збільшує витрати по обробці ґрунту і значно знижує кількість одержуваної валової продукції. З усього розглянутого різноманітності способів, можна зробити висновок, що основні напрямки щодо підвищення зносостійкості лап наступні: застосування зносостійких матеріалів при їх виготовленні, розробка методів зміцнення нових конструктивних і технологічних рішень виготовлення культиваторних лап, їх відновлення і зміцнення.

Розробка нових способів зміцнення повинна бути спрямована на підвищення зносостійкості лап культиватора і не значне подорожчання технології.

Для підвищення зносостійкості і ресурсу стрілочастих лап культиваторів існує велика кількість методів, серед яких можна виділити найбільш ефективні: гарт робочих органів з нагріванням ТВЧ і відпусткою; газотермічне напилення робочих органів порошками зносостійких сплавів; застосування лазерного і плазмового модифікування поверхні робочих органів шляхом попереднього нанесення порошку зносостійкого сплаву.

Відновлення лап культиватора може передбачати заміну ріжучої частини, так як з часом відбувається деградація металу, і відновлення традиційними методами економічно неефективне.

Ключові слова: культиватор; стрілочаста лапа; виготовлення; знос; зносостійкість; термічна обробка; хіміко-термічне зміцнення; наплавка; газотермічне напилення; металокерамічні покриття; пластичне деформування; лазерні технології

Скобло Т.С., Рыбалко И.Н., Тихонов А.В., Мартыненко А.Д. «Анализ способов изготовления, упрочнения и восстановления стрельчатых лап культиватора»

Данная работа является обобщением выявленной информации о различных методах и подходах для повышения эксплуатационной стойкости стрельчатых лап с использованием новых технических решений. Вопросы восстановления, упрочнения и повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов посвящено большое количество исследований, часть из которых относится непосредственно к рабочим органам культиваторов.

Изношенные и низкокачественные стрельчатые лапы значительно снижают эффективность и качество проводимых работ, их использование приводит к несоблюдению агротехнических сроков. Кроме этого, почвообрабатывающая техника дополнительно простаивает из-за замены изношенных стрельчатых лап. Все перечисленное в разы увеличивает затраты по обработке почвы и значительно снижает количество получаемой валовой продукции. Из всего рассмотренного разнообразия способов, можно сделать вывод, что основные направления по повышению износостойкости лап следующие: применение износостойких материалов при их изготовлении, разработка методов упрочнения новых конструктивных и технологических решений изготовления культиваторных лап, их восстановление и упрочнение.

Разработка новых способов упрочнения должна быть направлена на повышение износостойкости лап культиватора и не значительное удорожание технологии.

Для повышения износостойкости и ресурса стрельчатых лап культиваторов существует большое количество методов, среди которых можно выделить наиболее эффективна: закалка рабочих органов с

нагревом ТВЧ и отпуском; газотермическое напыление рабочих органов порошками износостойких сплавов; применение лазерного и плазменного модифицирования поверхности рабочих органов путем предварительного нанесения порошка износостойкого сплава.

Восстановление лап культиватора может предусматривать замену режущей части, так как со временем происходит деградация металла, и восстановление традиционными методами экономически не эффективно.

Ключевые слова: культиватор; стрелчатая лапа; изготовление; износ; износостойкость; термическая обработка; химико-термическое упрочнение; наплавка; газотермическое напыление; металлокерамические покрытия; пластическое деформирование; лазерные технологии

Skoblo TS, Rybalko I.N., Tikhonov A.V., Martynenko A.D. **"Analysis methods of manufacturing and hardening recovery cultivator paws"**

This work is a generalization of the identified information on various methods and approaches to improve the operational durability of the archery using new technical solutions. A lot of research is devoted to the issue of restoring, strengthening and increasing the resource of soil-cultivating working bodies, some of which relate directly to the working bodies of cultivators.

Worn and low-quality cultivator paws significantly reduce the efficiency and quality of work performed, their use leads to non-compliance with agrotechnical terms. In addition, tillage equipment is additionally idle due to the replacement of worn pointed paws. All of this at times increases the cost of tillage and significantly reduces the amount of gross output. From all the considered variety of methods, we can conclude that the main directions for improving the wear resistance of the paws are the following: the use of wear-resistant materials in their manufacture, the development of methods for hardening new structural and technological solutions for manufacturing cultivator paws, their restoration and hardening.

The development of new methods should be aimed at improving the wear resistance of the cultivator's paws and does not correspond to the higher cost of technology.

To increase the durability and resource of the cultivator paws, there are a large number of methods, among which we can single out the most effective: hardening of working bodies with high-frequency heating and tempering; gas-thermal spraying of working bodies with wear-resistant alloys powders; the use of laser and plasma surface modification of the working bodies by pre-applying a wear-resistant alloy powder.

The restoration of the cultivator's paws may involve the replacement of the cutting part, since over time the metal is degraded and restoration by traditional methods is not economically efficient.

Keywords: cultivator; pointed paw; manufacturing; wear; wear resistance; heat treatment; chemical thermal hardening; surfacing; thermal spraying; cermet coatings; plastic deformation; laser technology

Введение

В настоящее время в сельском хозяйстве для обработки почвы используется большое количество разнообразных почвообрабатывающих орудий (культиваторы, посевные комплексы, сеялки, рыхлители и др.), с широко применяемыми рабочими органами - стрелчатыми лапами [1-5]. Они эксплуатируются в условиях прямого воздействия абразивных частиц и подвергаются интенсивному изнашиванию с соответствующим изменением их геометрических размеров [6-14].

Для повышения работоспособности и экономической эффективности использования стрелчатых лап у сельскохозяйственной техники используют различные методы упрочнения, как на стадии металлургического производства заготовки для их изготовления, так и конструктивные решения в машиностроении, материаловедении.

Цель исследования

Целью данной работы явилось обобщение выявленной информации о различных методах и подходах для повышения эксплуатационной стойкости стрелчатых лап с использованием новых технических решений.

Результаты исследований и их обсуждение

Изношенные и низкокачественные стрельчатые лапы значительно снижают эффективность и качество проводимых работ, их использование приводит к несоблюдению агротехнических сроков. Кроме этого, почвообрабатывающая техника дополнительно простаивает из-за замены изношенных стрельчатых лап. Все перечисленное в разы увеличивает затраты по обработке почвы и значительно снижает количество получаемой валовой продукции. Для поддержания почвообрабатывающих орудий в работоспособном состоянии предприятия по выпуску запасных частей к сельскохозяйственной технике выпускают большое количество новых стрельчатых лап в виде запасных частей.

Способы изготовления лап культиваторов с хвостовой частью и двумя крыльями с лезвиями, включают получение заготовки из листового материала (сталь 65Г и 70Г, толщиной 6-8мм). Затем осуществляют нагрев заготовки, предварительное формообразование лезвий и окончательную их обработку. Для упрочнения проводят наплавку на них износостойкого материала, а затем гибку-калибровку, формирование двух крепежных отверстий на хвостовой части лапы, затем ее термообработку. Все дальнейшие действия исследователей и разработчиков направлены на совершенствование технологии изготовления лап. Например, известно способ [15] который для повышения коэффициента использования материала заготовки жесткости конструкции изделия включают такую операцию, как получение из полосы заготовки переменной толщины в поперечном сечении, значение которой на заданном расстоянии от оси симметрии лапы определяют частным от деления площади продольного её сечения идентичной по конфигурации лапы постоянной толщины, равной – крылу. Для повышения производительности, формирование двух отверстий осуществляют формоизменением в 2 стадии. На первой - выдавливают конические части отверстий пуансонами с параллельно расположенными осями и коническими формообразующими частями, оси которых расположены на пересекающихся прямых, с вытеснением избыточного объема металла по ходу перемещения пуансонов. На второй стадии пробивают квадратные отверстия параллельно расположенными пуансонами. Для снижения энергоемкости, наплавку лезвия износостойкого материала осуществляют после операции гибки-калибровки, а затем осуществляют закалку с использованием тепла заготовки после наплавки.

Авторы [16] предлагают для повышения эксплуатационных характеристик получаемых изделий путем создания заданного профиля проката металла в носовой и хвостовой частях с использованием снижения трудоемкости изготовления, заготовку получать в виде ромба или квадрата постоянной толщины. Затем осуществлять деформации центральной части путем совмещения одной из диагоналей ромба или квадрата с направлением прокатки. Формообразование крыльев рекомендуется осуществлять прокаткой с одновременным формированием лезвий путем перераспределения металла, расположенного в зоне углов при другой диагонали ромба или квадрата. Прокатку центральной части рекомендуется осуществлять с предварительным формированием зоны под крепежные отверстия. Перед прокаткой центральной части осуществляют обжатие угла под носовую часть лапы, совмещая соответствующую диагональ ромба или квадрата с направлением прокатки.

Известно также [17] способ, в котором для экономии металла, качества получаемых изделий за счет повышения их эксплуатационных характеристик, производительности, стойкости оснастки, при деформации центральной части заготовки со стороны верхней зоны инструмента к носовой части прикладывают усилия, тормозящие боковое истечение металла до получения его окончательной

форми. При отяжке крыльев с лезвиями формообразование последних осуществляют с образованием фасок.

Рассмотрим производство культиваторных лап, которое осуществляется с использованием современных технологий и оборудования машиностроения. На стадии разработки применяют компьютерное моделирование, позволяющее учесть геометрические параметры и эксплуатационные свойства будущего изделия. В дальнейшем, по уже готовой 3D модели изготавливают пресс-формы и другую оснастку, а также управляющие программы для станков с ЧПУ. Все это позволяет обеспечить высокую точность и качество изделия.

Вопросу восстановления, упрочнения и повышения ресурса почвообрабатывающих рабочих органов посвящено большое количество исследований, часть из которых относится непосредственно к рабочим органам культиваторов.

Долговечность режущих деталей при их изготовлении повышают следующими способами [18]:

- изменением химического состава;
- термической обработкой;
- поверхностным химико-термическим упрочнением;
- наплавкой различными сплавами.

Для упрочнения режущих деталей с утолщенным лезвием широко применяют различные виды наплавки лезвий твердым сплавом [4-33]. Производитель культиваторных лап «Гранит» [34] при изготовлении применяет высокотехнологичный вид резки металла с использованием различных активных газов на современном станке ЧПУ (рис. 1). С помощью специализированного программного обеспечения моделируются 3D формы и штампы для выпускаемых стрелчатых лап (рис. 2). Для придания нужных геометрических форм лапе культиватора применяют горячую штамповку с использованием пресс-форм собственного изготовления (рис. 3). Затем производится закалка токами высокой частоты, которая имеет значительное преимущество по сравнению со стандартной закалкой. Она обеспечивает повышение и стабильность закалочных характеристик (рис. 4).

По данной технологии применяют плазменное легирование - наиболее перспективный метод поверхностного упрочнения. В отличие от традиционных способов повышения ресурса культиваторных лап (наплавка сормайтотом, индукционная закалка) им достигается твердость свыше 65 HRC, что обеспечивает стойкость режущей кромки и её самозатачивание при эксплуатации (рис. 5.). Финишной операцией является абразивная обработка и порошковая покраска. Абразивная обработка происходит с помощью высоко мощной газодинамической установки собственной разработки. После обработки на поверхность деталей сразу же наносится порошковая краска, что обеспечивает хорошую адгезию и качественный внешний вид.



Рис.1. ЧПУ плазменная резка

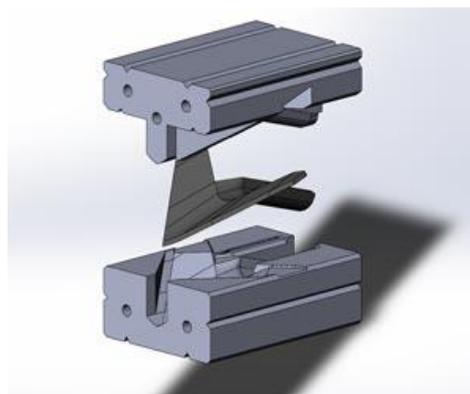


Рис.2. Сквозное 3D моделирование штампов и пресс-форм



Рис.3. Горячая штамповка на прессе



Рис.4. Закалка ТВЧ с электронным управлением

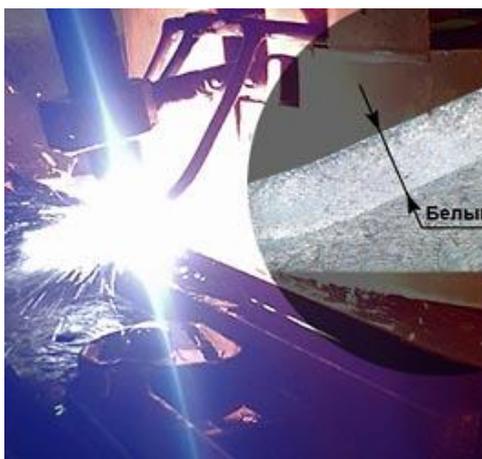


Рис.5. Плазменное легирование

Внешний вид и основные зоны стрелчатой лапы культиватора [35] представлены на рис.6. К причинам потери работоспособности стрелчатых лап:

- затупление лезвийной части;
- износ носка и крыльев по ширине на всю длину;
- наличие деформаций и трещин;

- изломы;
- деформация плоскости.

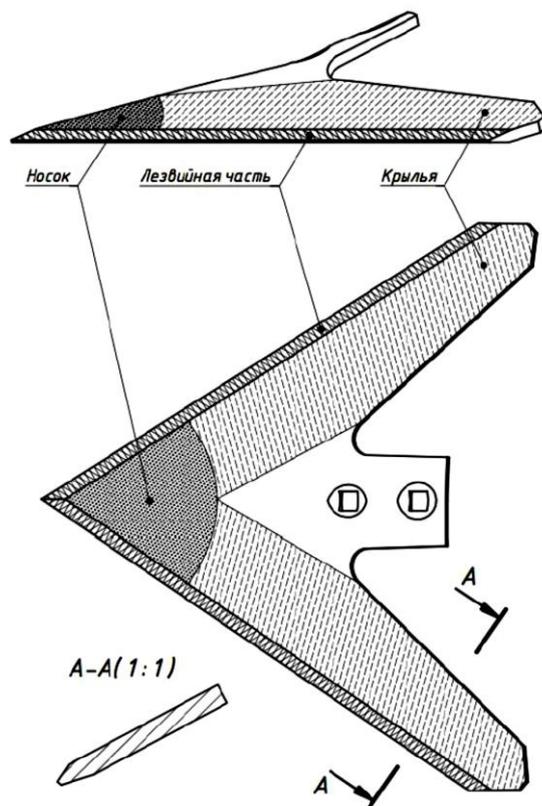


Рис.6. Стрельчатая лапа культиватора

Около 60% стрельчатых лап культиватора теряют работоспособность из-за предельного износа лезвийной части, носка и крыльев (рис.7).

Для повышения износостойкости и ресурса стрельчатых лап культиваторов существует большое количество методов, среди которых можно выделить наиболее эффективные: закалка рабочих органов с нагревом ТВЧ и отпуском [36-37]; газотермическое напыление рабочих органов порошками износостойких сплавов [38]; применение лазерного и плазменного модифицирования поверхности рабочих органов путем предварительного нанесения порошка износостойкого сплава [39].

Рассмотрим некоторые способы упрочнения культиваторных лап.

Для упрочнения стрельчатых лап широко используют термическую обработку (закалку), которая может проводиться как на всю глубину лапы, так и с использованием токов высокой частоты на твердость не менее 40 HRC и глубину закаливания 1...2 мм [40-43]. Однако существенного повышения износостойкости стрельчатых лап термическая обработка не обеспечивает.

Широко распространенной технологией химико-термической обработки (ХТО), применяемой для упрочнения режущих поверхностей стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, является их борирование. При использовании данной технологии получают диффузионные упрочняющие слои глубиной до 300...600 мкм, имеющие высокую твердость, а также значительную абразивную износостойкостью [44-47].

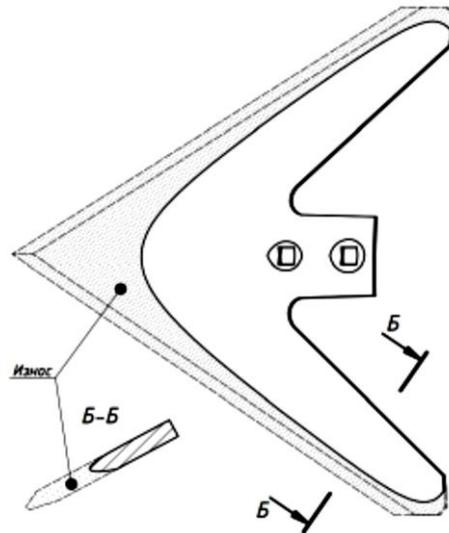


Рис.7. Изношенная лапа

Износостойкость таких рабочих органов меньше по сравнению с деталями, изготовленными из легированных материалов.

Известен способ скоростного электродугового упрочнения (ЭДУ) режущих поверхностей стрелчатых лап почвообрабатывающих орудий. Сущность способа заключается в диффузионном насыщении упрочняемой поверхности лапы углеродом при горении электрической дуги [48-50]. Способ ЭДУ отличается высокой производительностью и доступным оборудованием. Вместе с тем, скоростное ЭДУ обеспечивает твердость поверхности, подвергаемой упрочнению, не более 55...56 HRC.

Газотермическое напыление (ГТН) позволяет обеспечить большой срок службы рабочих органов, сократить время проведения работ по упрочнению и снизить их стоимость [51]. При ГТН распыляемый материал в виде порошка или проволоки подается в зону нагрева. Газ распыляет нагретые частицы и придает им ускорение в осевом направлении. В зоне нагрева при подаче проволоки распыляющий газ диспергирует расплавленный материал, в ряде методов ГТН он выполняет и функцию нагрева. Частицы, поступающие на поверхность, имеют большую скорость соударения, образуют прочные межзатомные связи и создают условия для адгезии распыляемого материала за счет активации поверхностного контакта.

Все методы ГТН классифицируют по виду используемой энергии и источнику теплоты. По виду энергии они делятся на газоэлектрические, в которых используются электроэнергия и газопламенные методы, где тепловая энергия образуется за счет сгорания горючих газов. Для нагрева распыляемого материала используют следующие виды источника теплоты: дугу, плазму и газовое пламя.

Методы напыления называют дуговой металлизацией, плазменным напылением, газопламенным напылением и детонационно-газовым напылением. К газоэлектрическим относятся первые два метода, последние – к газопламенным [52].

Применение для упрочнения рабочих органов лазерной термообработки в 1,5 раза снижает износ по сравнению с объемным закаливанием. Лазерная наплавка сплавом ПС-14-60 + 6 % В4С снижает износ в 1,7-1,8 раза по сравнению с индукционным закаливанием [53].

Лазерные технологии обеспечивают локальный нагрев с отсутствием минимальных деформаций и охлаждения по механизму теплопроводности в глубину поверхностного слоя изделия, как правило, без использования охлаждающей среды. Получить поверхностный слой с высокими износостойкими свойствами, можно используя высокую скорость нагрева и охлаждения 104-106°С/с.

Имеются данные экспериментов по упрочнению лемехов плугов наплавкой изнашиваемой части электродом Т-590 и порошковым сплавом «Сормайт-1» которые формируют в структуре наплавленного слоя карбидные включения, повышающие микротвердость и повышенное сопротивление износу [54-55].

Восстановление деталей - технически обоснованное и экономически оправданное мероприятие. Это позволяет предприятиям сокращать время простоя, повышать качество технического обслуживания и ремонта, положительно влиять на улучшение показателей надежности и использования машин.

Распространенными методами восстановления лап культиваторов являются [56]:

- оттяжка: изношенные рабочие органы нагревают до температуры 800... 1100 °С и деформируют на пневматическом молоте; после чего проводят заточку и необходимую термообработку;

- вырезание изношенной части лезвия лапы газопламенным резаком. Вместо отрезанной части изготавливают стальную профильную пластину из стали марки 65Г, которую приваривают сплошным швом к восстанавливаемой детали.

Лапы с приваренными пластинами или после оттяжки подвергают наплавке износостойкими металлическими порошками с нижней стороны, что обеспечивает получение самозатачивающегося лезвия.

Известен способ восстановления стрелчатых лап культиватора [57] с одновременным упрочнением, включающим выполнение оттяжки до восстановления нормированных размеров, а с тыльной её стороны формируют запас металла в области носка и по длине лезвия путем наплавки электродом с получением необходимого объема наплавленного металла. Это обеспечивает восстановление номинальных размеров лапы, при этом оттяжку лапы осуществляют горячим деформированием с использованием формообразующей оправки, копирующей форму носка и лезвия лапы, с последующим упрочнением путем закалки (рис. 8, 9).



Рис.8. Лапа с наваренным запасом металла с тыльной стороны

Ранее разработан способ восстановления стрелчатых лап 1 культиваторов [58], включающий удаление изношенной рабочей её части шлифовальным отрезным кругом, с дальнейшим изготовлением новой рабочей части 2 из среднеуглеродистой стали в виде сменной угловой пластины, которую затачивают с образованием лезвия и упрочняют с тыльной стороны. Перед упрочнением в ней выполняют сквозные продолговатые отверстия 3 для ее перемещения по мере износа. На восстанавливаемой стрелчатой лапе культиватора выполняют резьбовые отверстия 4 для крепления сменной угловой пластины посредством винтов 8 (рис.10). Сменную угловую пластину подвергают упрочнению с тыльной стороны путем нанесения износостойкого покрытия в три слоя, при этом первый 5 и третий слой 7 получают электроискровым нанесением износостойкого сплава, а второй слой 6 получают электродуговой металлизацией.



Рис.9. Восстановленная лапа

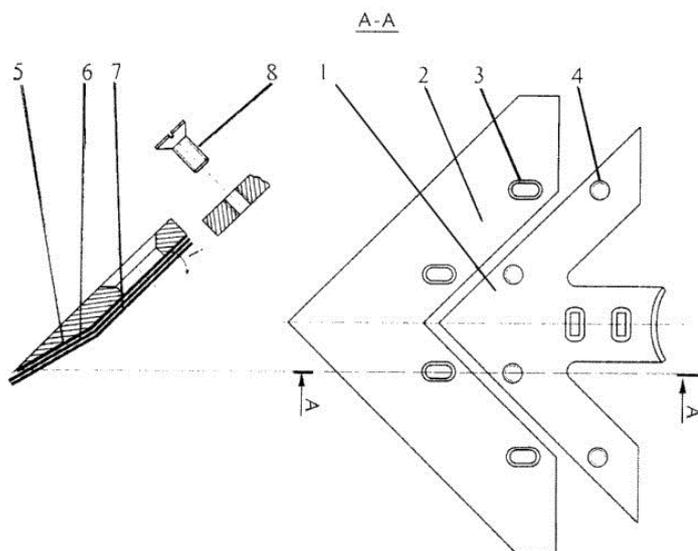


Рис.10. Стрелчатая лапа культиватора со сменной угловой пластиной изогнутой по форме режущей части со сквозными продолговатыми отверстиями

Авторами [59] разработана стрелчатая культиваторная лапа. Рабочая поверхность лезвия с тыльной стороны упрочнена термомодеформационным воздействием для обеспечения твердости тыльной рабочей поверхности лапы, превышающей твердость наружной поверхности лезвия, и сохранения её геометрии (рис.11).

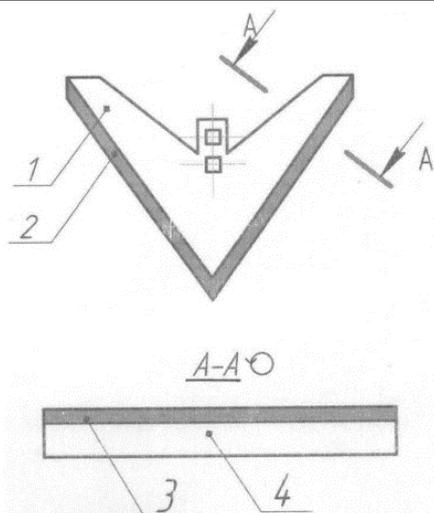


Рис.11. Лапа культиватора:
1 – тыльная сторона рабочей поверхности;
2 – область лезвия;
3 – зона повышенной твердости лезвия с тыльной части;
4 – зона с твердостью при заводском производстве

Существует способ упрочняющего восстановления деталей почвообрабатывающих машин [60], включающий удаление изношенной части, изготовление компенсирующей вставки, копирующей изношенную часть, и крепление ее к - неизношенной посредством сварки, и осуществляют это приваркой предварительно упрочненной термообработкой компенсирующей вставкой с последующей наплавкой армированием валиками на восстановленную рабочую поверхность перпендикулярно траектории перемещения почвы с перекрытием крепежного шва (рис.12).

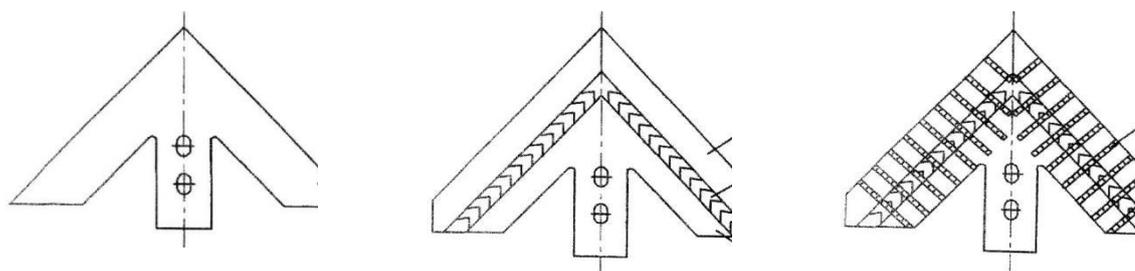


Рис.12. Восстановление и упрочнения культиваторной лапы: 1 - оставшаяся часть детали после эксплуатации; 2 – не изношенная область детали; 3 - компенсирующая вставка; 4 - сварочный шов; 5 - армирующие валики

Исследования, проведенные многими учеными, позволили установить, что в применении твёрдых сплавов для получения упрочняющих покрытий деталей почвообрабатывающих орудий различного назначения достигнут определённый порог. При проведении анализа материалов и износостойких составов среди композиционных и неметаллических материалов было установлено, что для значительного повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих орудий наиболее целесообразно применять металлокерамические материалы.

Металлокерамические материалы (МКМ), которые могут использоваться для повышения износостойкости режущих поверхностей стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий, эксплуатируемых в абразивной почвенной массе, состоят из металлической стальной основы (матрицы) с включенными в ее состав сверхтвёрдыми керамическими включениями (оксидами, карбидами, нитридами и т.д.), т.е. представляют собой композиционный материал, который отличается сочетанием различных по свойствам и форме двух или нескольких структурных составляющих.

При этом данные материалы имеют четкую границу раздела между ними [61-65]. Значительным преимуществом композиционных материалов является то, что они объединяют в себе положительные свойства тех материалов, которые входят в их состав. При упрочнении деталей орудий МКМ их наиболее часто наносят на рабочие поверхности в виде покрытий. Существует достаточно большое количество способов, позволяющих формировать данные покрытия.

Одним из современных перспективных способов получения металлокерамических покрытий является карбовибродуговое упрочнение (КВДУ) с использованием угольного электрода и многокомпонентных металлокерамических паст. Данный способ упрочнения разработан учеными ФГБНУ ГОСНИТИ и Орловского ГАУ [13, 48, 49, 66-73].

Сущность способа заключается в следующем. Вначале на режущую поверхность стрелчатой лапы наносят пасту, которую высушивают до затвердевания. Расплавление пасты производят с использованием вибрирующего угольного электрода. При горении электрической дуги на упрочняемой режущей поверхности из компонентов пасты образуется металлокерамическое покрытие. Одновременно происходит диффузионное насыщение материала стрелчатой лапы углеродом за счет его диффузии при сублимации электрода. Отличительной особенностью КВДУ является отсутствие значительного теплового вложения в упрочняемую деталь за счет вибрации угольного электрода.

Эффективным направлением повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин является управление их износом путем локального упрочнения лезвий по плоскости или длине [74-85].

Авторы работ [83-85] разработали способы упрочнения лап культиватора с нижней стороны твердосплавным материалом в виде кругов по всей длине лезвия и линейное упрочнение режущей кромки (рис. 13).

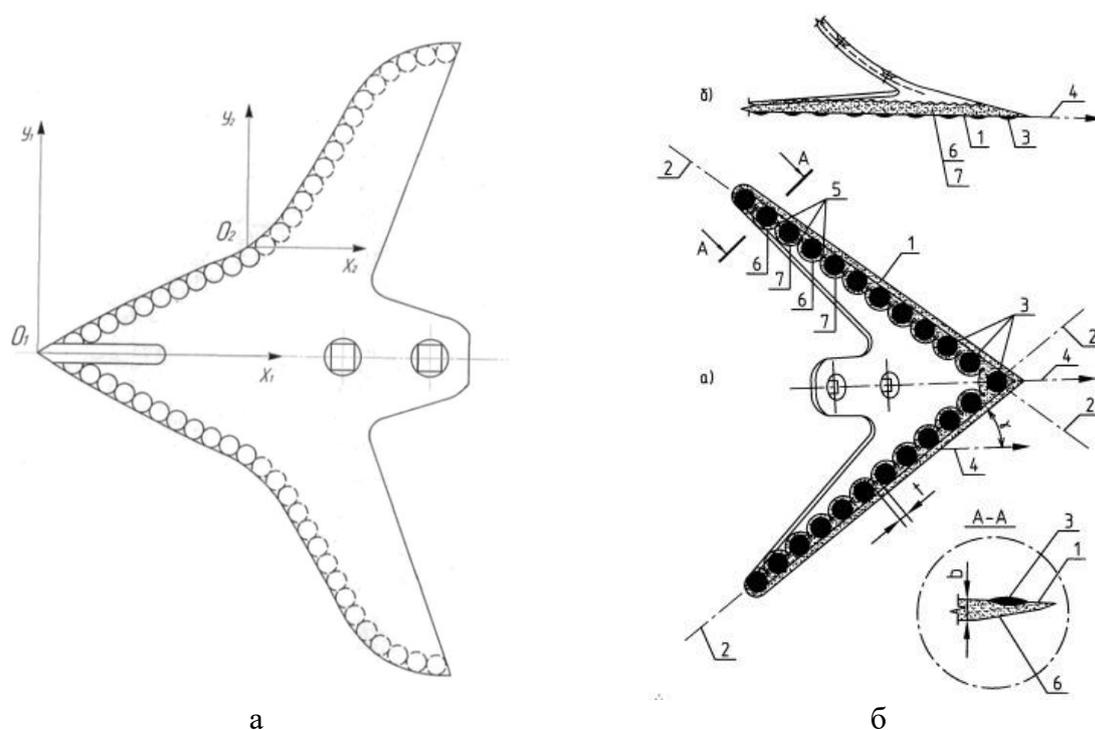


Рис.13. Упрочнение лап культиватора наплавкой зон в виде кругов: а – схема наплавки согласно [83, 84]; б - [85]: 1 - культиваторная лапа, 2 - линии армирования, 3 - точки износостойкого материала, 4 - направление перемещения рабочей поверхности, 5 – перекрытие зон термического влияния, 6 и 7 – соседние точки

Известно также способы упрочнения наплавкой армирующих полос [86, 88, 89] на поверхность лап или разных по износостойкости материалов [87]. Согласно [86] рабочая поверхность выполнена с переменной износостойкостью, путем полосового упрочнения материала. Это может быть достигнуто несколькими вариантами (рис. 14). Первый - на лицевой поверхности лезвия нанесены полосы, на тыльной - сплошной слой износостойкого материала. Второй - упрочняющие полосы нанесены с лицевой и тыльной сторон в шахматном порядке. Третий - упрочняющие полосы нанесены с лицевой и тыльной сторон друг против друга.

Авторами [35, 88, 89] предложен метод повышения износостойкости культиваторных лап, который осуществляется за счёт наплавки износостойких валиков прямолинейной формы на рабочие поверхности стрелчатой лапы культиватора, а именно: на носок, крылья и лезвийную часть. Схема расположения износостойких валиков и восстановленная лапа представлены на рис.15.

Согласно способа [87] на лезвие стрелчатой лапы наносят участками материалы, износостойкость которых уменьшается от носка лапы к обреза крыла (рис.16.).

Предложен рабочий орган культиватора [90], включающий стрелчатую лапу рабочая зона которой выполнена в виде кривой поверхности, и она проходит от начала её носка до конца по боковым поверхностям. Профиль культиваторной лапы по направлению движения уменьшается с формированием при эксплуатации нового за счет нанесения на рабочую поверхность полос из тугоплавкого металла под различными углами. Предварительная оценка такой технологии упрочнения лезвия лапы рабочего органа культиватора может быть эффективной при эксплуатации за счет формирования зубчатого профиля в процессе эксплуатации и самозатачивания. Такую технологию повышения износостойкости лап культиватора рекомендуется использовать многократно при ее эксплуатации и износе. Недостатком этого метода упрочнения является то, что полосы наносят на лезвие, которое формируют различными методами (механической обработкой, пластическим деформированием, оттяжкой и др.), что приводит к накоплению в нем напряжений и дополнительно они формируются на границе лезвие - основа лапы, где отсутствует наплавка упрочняющего слоя. Кроме того, на крыльях лапы максимальный износ происходит с их противоположной поверхности крыльев, относительно лезвия носка, и их больший износ наблюдается с внутренней поверхности. Поэтому с учетом зон наибольшего износа и схемы упрочнения, достижения эффекта самозатачивания невозможно. Что касается рекомендации относительно дополнительного восстановительного упрочнения лезвия при использовании техники, согласно такой технологии, и это также не будет эффективным. Это связано с тем, что металл лезвия в эксплуатации подвергается износу (уменьшению толщины),

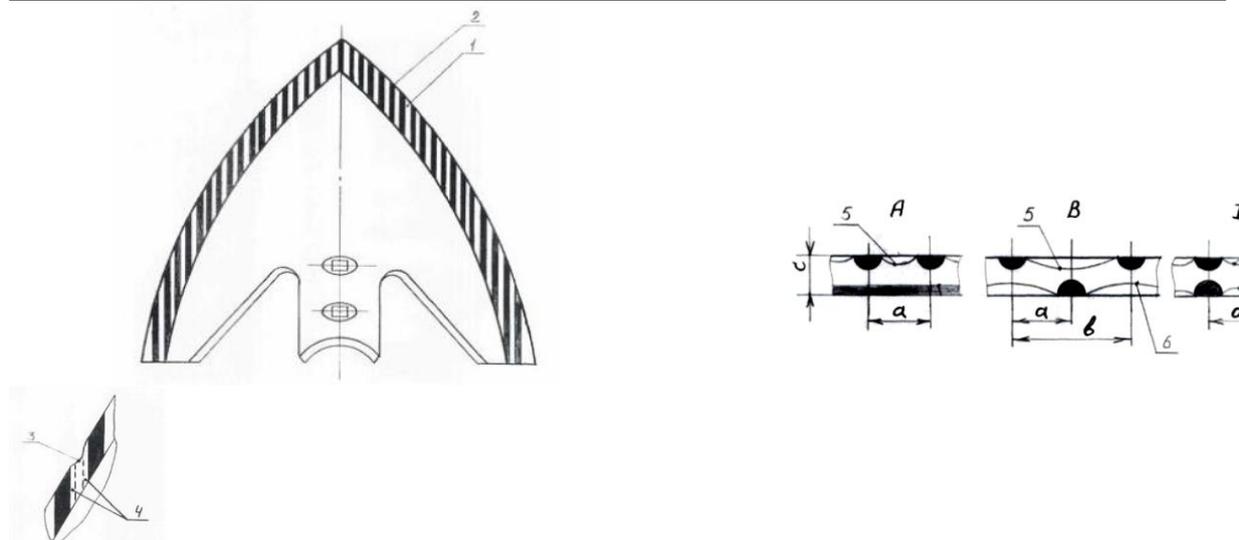


Рис.14. Схема нанесения упрочняющих полос: 1 – лезвие, 2 -упрочняющие полосы, 3 – межполосчатое пространство, 4 – прилегающее к полосам пространство, 5 – пятно лицевого фактического износа, 6 - пятно тыльного фактического износа

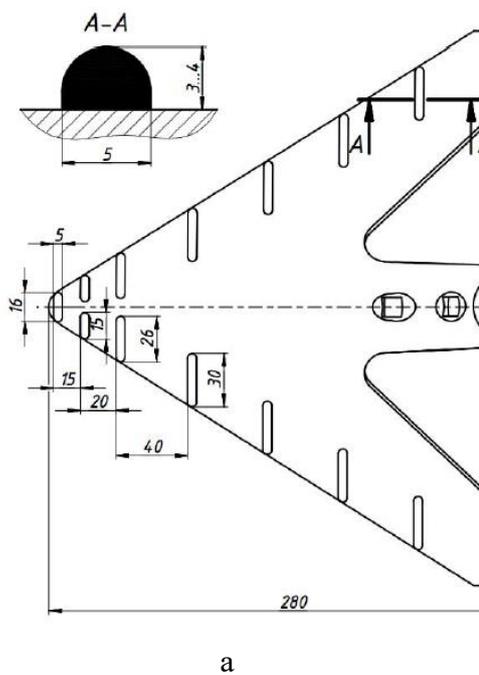


Рис.15. Схема расположения износостойких валиков (а) и наплавленная лапа культиватора (б)

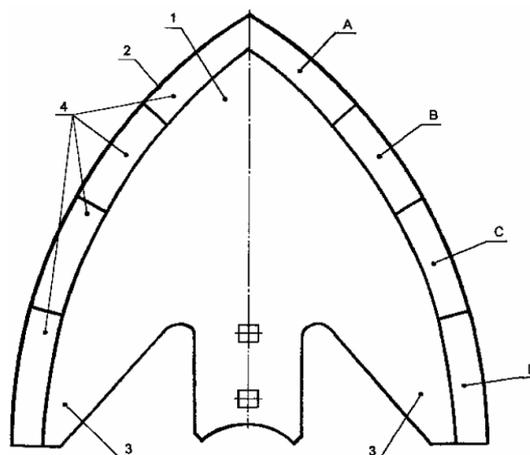


Рис.16. Рабочий орган культиватора: 1 – стрельчатая лапа, 2 -криволинейное лезвие, 3 – поверхность крыльев, 4 – материал переменной износостойкости. На участке А - износостойкость высокая; D - износостойкость меньшая; В и С - промежуточные значения этого параметра

Известно способ [91] упрочнения лезвия и прилегающих к нему перпендикулярно направленных зон лапы культиватора наплавкой полос износостойким материалом, а в межполосчатых зонах - созданием рядов отверстий, которые формируются в процессе штамповки. Такая технология является сложной и сопровождается не совместимыми операциями в потоке производства, которые используют различные подходы нанесения отверстий штамповкой и полос - наплавкой. Использование таких различных технологических процессов будет способствовать локализации напряжений от наплавки полос у зон штамповки, что приведет к формированию дефектов и трещин при нанесении отверстий. Метод также не предотвращает деформацию крыльев при эксплуатации.

Также известны способы [92, 93] упрочнения, которые заключаются в создании на поверхности крыльев и носка отверстий. Стрельчатая лапа углубляется на агротехнически заданную глубину и в процессе поступательного движения её лезвие изнашивается. В момент разрушения перемычки между лезвием и отверстием, образуется зубчатый профиль, который интенсифицирует подрезание корневой системы.

Рассмотрим некоторые способы повышения износостойкости применением биметаллического материала [94] или чугуна [95].

Способ [94] изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин, включает их формообразование из горячекатаного биметаллического листа и термическую обработку. Основной слой биметалла изготавливают из легированной стали, а плакирующий слой выполняют из высоколегированной износостойкой стали. Его наносят на основной слой методом электрошлаковой наплавки. Перед формообразованием лист отжигают при температуре 680-820°C, а термическую обработку рабочих органов ведут путем закалки от температуры 850-950°C и отпуска при температуре 150-250°C. Формообразование лап включает нарезку заготовок из листа, механическую обработку, горячую гибку, обеспечивающую требуемую форму.

Разработана технология [95] производства деталей из бейнитного чугуна с шаровидным графитом (БЧШГ) для почвообрабатывающей сельхозтехники. Использование БЧШГ повышает износостойкость почвообрабатывающих орудий сельхозтехники по сравнению с стальными штампованными, которые в настоящее время используются в Украине и за рубежом.

Выводы

В работе обобщены и рассмотрены основные способы изготовления, упрочнения и восстановления стрельчатых лап культиватора. Из всего рассмотренного разнообразия способов, можно сделать вывод, что основные направления по повышению износостойкости лап следующие: применение износостойких материалов при их изготовлении, разработка методов упрочнения новых конструктивных и технологических решений изготовления культиваторных лап, их восстановление и упрочнение.

Разработка способа упрочнения должна быть направлена на повышение износостойкости лап культиватора и не значительное удорожание технологии.

Восстановление лап культиватора может предусматривать замену режущей части, так как со временем происходит деградация металла и восстановление традиционными методами экономически не эффективно.

Список использованных источников

1. Аксенов П.И. Машины для обработки почвы. Москва, 1985. 268 с.
2. Балабанов В.Д. Агрегаты для предпосевной обработки почвы. Лучшие среди равных. *Актуальные агросистемы*. 2016. № 10. С. 18-19.
3. Беляков И.И. Агротехника важнейших зерновых культур. Москва, 1983. 312 с.
4. Лаврухин В.А., Терещенко И.С., Черкашин Н.В. Основная и предпосевная обработка почвы. Москва, 1975. 320 с.
5. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. Москва, 1970. 252 с.
6. Ахметшин Т.Ф. Повышение износостойкости и долговечности стрельчатых лап культиваторов: дисс. ... канд. тех. наук. Москва, 1988. 245 с.
7. Зайцев С.А. Повышение износостойкости рабочих поверхностей лап культиватора газопламенным напылением с последующим оплавлением: дис. ... канд. тех. наук. Москва, 2013. 164 с.
8. Люляков И.В. Разработка технологии восстановления стрельчатых лап культиваторов путем замены режущей части: дисс. ... канд. тех. наук. Саратов, 2005. 192 с.
9. Лялякин В.П. Соловьев С.А., Аулов В.Ф. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами. *Труды ГОСНИТИ*. 2014, Т. 115. С. 96-104.
10. Михальченков А.М., Феськов С.А. Изнашивание стрельчатых лап посевного комплекса Morris, восстановленных способом термоупрочненных «компенсирующих элементов». *Тракторы и сельхозмашины*. 2013, №12. С. 50-52.
11. Поливаев О.И., Костиков О.М. Испытание сельскохозяйственной техники и энергосиловых установок: Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2016. 280 с.
12. Сидоров С.А. Повышение долговечности и работоспособности рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, применяемых в сельском и лесном хозяйствах: дисс. ... док. тех. наук. Москва, 2007. 441 с.
13. Титов Н.В., Коломейченко А.В., Виноградов В.В., Басинюк В.Л. Особенности зажигания электрической дуги при карбовибродуговом упрочнении рабочих органов сельскохозяйственных машин. *Техника и оборудование для села*. 2016, № 4. С. 34-38.
14. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. Москва, 2003. 624 с.
15. Способ изготовления лап культиваторов: авторское свидетельство

1296272. №3921826; заявл. 02.07.1985; опубл. 15.03.1987.

16. Способ изготовления лап культиваторов: авторское свидетельство 1734912. №4863084; заявл. 29.08.1990; опубл. 23.05.1992.

17. Способ изготовления лап культиваторов: авторское свидетельство 1819725 №4940104; заявл. 08.04.1991; опубл. 07.06.1993.

18. Ткачев В.Н. Износ и повышения долговечности деталей сельскохозяйственных машин. Москва, 1971. 264 с.

19. Ткачев В.Н. Износ и повышения долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин. Москва, 1964. 167 с.

20. Ткачев В.Н. Износ рабочих органов почвообрабатывающих машин и некоторые методы увеличения срока их службы: автореф. дис. ... докт. техн. наук. Новочеркасск, 1965. 22 с.

21. Рабинович А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемеха и другие почворежущие детали машин. Москва, 1962. 107 с.

22. Рабинович И.П. Износ деталей сельхозмашин и пути повышения их износостойкости. *Повышение долговечности машин*. Москва. 1956. С. 43-48.

23. Рабинович А.Ш. Повышение работоспособности и сроков службы режущих рабочих органов машин путем обеспечения их самозатачивания. *Повышение надежности и долговечности сельскохозяйственных машин*. Москва, 1964. С. 342-553.

24. Повышение износостойкости и долговечности режущих элементов сельскохозяйственных машин: материалы конференции. Минск, 1967. 184 с.

25. Рабинович А.Ш., Винокуров В.Н. Анализ изнашивания культиваторных лап. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1963. № 6. С. 27-29.

26. Канивец И.Д. Исследование износа лап культиваторов с однородными и наплавленными сортаментом лезвиями в условиях черноземных почв Центральной степи УССР: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Харьков, 1956. 19 с.

27. Подкатилов К.Е. Динамические исследования рабочих органов культиваторов повышенной долговечности и износостойкости с нижним и верхним упрочнением твердыми сплавами: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1969. 28 с.

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

29. Рабинович А.Ш., Винокуров В.Н. Разработка и испытания самозатачивающихся лап культиваторов. *Тракторы и сельхозмашины*. 1960. №11. С. 19-24.

30. Ермолов Л.С. Повышение надежности с.х. техники. Москва, 1979. 255 с.

31. Розенбаум А.Н. Повышение долговечности режущих деталей почвообрабатывающих машин путем применения биметаллов: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Москва, 1967. 176 с.

32. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники: Нормативно-справочный материал. Ч. 1,2. Москва, 1998. 470с.

33. Подкатилов К.Е. Повышение износостойкости самозатачивающихся рабочих органов культиваторов. *Повышение надежности и долговечности с.х. машин*. Москва, 1969. С. 374-377.

34. Производство культиваторных лап. URL: <http://granit-agro.ru/techandprod.html> (дата обращения: 14.03.2019).

35. Селезов А.В., Кашайкин С.И., Добрин Д.А. Повышение ресурса и износостойкости стрелчатых лап культиватора методом наплавки износостойких валиков. Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. 2018. № 01 (январь). URL: <http://akademnova.ru/page/875550> (дата обращения: 14.03.2019).
36. Лялякин В. П., Соловьев С.А, Аулов А.В. Состояние и перспективы упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами. *Сварочное производство*. 2014. №7. С. 32-36.
37. Сенчишин В.С., Пулька Ч.В. Современные методы наплавки рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных сельскохозяйственных машин (обзор). *Автоматическая сварка*. 2012. №9. С.43-54.
38. Газотермическое напыление. Учеб. пособие под общ. ред. Л.Х. Балдаева. Москва, 2007. 344 с.
39. Козаровец Н.В., Бетень Г.Ф., Анискович Г.И., Гордиенко А.И., Голубев В.С., Давидович А.Н. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники. Сборник докладов XII Международной научно-технической конференции 10-12 сентября 2012, г. Углич «Модернизация сельскохозяйственного производства на базе инновационных машинных технологий и автоматизированных систем». С. 219-228.
40. Мочалов И.И. Ремонт сельскохозяйственных машин. Москва, 1984. 255 с
41. Ткачев В.Н. Новый метод упрочнения режущих органов почвообрабатывающих машин. Киев, 1962. №4. С.38-41.
42. Фаюршин А.Ф., Хакимов Р.Р. Особенности получения износостойкого слоя газопламенным упрочнением. Материалы V Международной научно-практической конференции «Ремонт. Восстановление. Реновация». Уфа, 2014. С. 235-238.
43. Шило И.Н., Бетень Г.Ф., Маринич Л.А. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин. Минск, 2010. 319 с.
44. Белый А.В., Карпенко Г.Д., Мышкин К.Н. Структура и методы формирования износостойких поверхностных слоев. Москва, 1991. 257 с.
45. Ишков А.В., Иванайский В.В., Мишустин Н.М. Боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники: получение, структура и износостойкость в реальных условиях. Труды ГОСНИТИ. 2012. Т. 109. С. 7-11.
46. Литовченко Н.Н., Титов Н.В., Коломейченко А.В. Электродуговое упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами. Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 2. С. 49-50.
47. Мишустин Н.М., Иванайский В.В., Кривочуров Н.Т. Конструирование упрочняющего покрытия с учетом реального износа детали. Ползуновский альманах. 2010. №1. С. 75-80.
48. Литовченко Н.Н., Куликов В.Н. Электродуговое упрочнение деталей нанесением металлокерамических покрытий. Машинно-технологическая станция. 2011. №4. С. 50-51
49. Титов Н.В., Коломейченко А.В. Восстановление и упрочнение стрелчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами. Тракторы и сельхозмашины. 2014. №1. С. 42-43.
50. Севернев М.М. Износ деталей сельскохозяйственных машин. Ленинград, 1972. 288 с
51. Фаюршин, А.Ф. Повышение долговечности лап культиваторов в сельскохозяйственных ремонтных предприятиях: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2006. 16 с.
52. Бобров Г.В., Ильин А.А. Нанесение неорганических покрытий. Москва,

2004. 624 с.

53. Бобрицкий, В.М. Повышение износостойкости режущих элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2007. 20 с.

54. Будко, С.И. Методы повышения эффективности упрочнения деталей лемешно-отвальных плужно-дуговой наплавкой твердыми сплавами: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2009. 20 с.

55. Дудников А.А., Беловод А.И., Пасюта А.Г., Келемеш А.А., Горбенко А.В. Технологические способы повышения долговечности и ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин. *Машиноведение и Машиностроение: Технологический аудит и резервы производства*. 2015. № 5/1(25). С. 4-7.

56. Юшков В.В., Квакин А.Г., Князев А.А., Терентьев В.П. Поточно-механизированная линия восстановления лап культиваторов. *Техника в сельском хозяйстве*. 1986. № 8. С. 51-52.

57. Способ восстановления стрелчатых лап пропашных культиваторов почвообрабатывающих машин: патент 2443523 Российская Федерация. №2010100444/02; заявл. 11.01.2010; опубл. 20.07.2011; Бюл. №20.

58. Способ восстановления стрелчатых лап культиваторов: патент 2467857 Российская Федерация. №2011113591/02; заявл. 07.04.2011; опубл. 27.11.2012; Бюл. №33.

59. Стрелчатая лапа культиватора: патент 2462852 Российская Федерация. №2011106409/13; заявл. 21.02.2011; опубл. 10.10.2012; Бюл. №28.

60. Способ упрочняющего восстановления деталей почвообрабатывающих машин: патент 2462852 Российская Федерация. №2010150217/02; заявл. 07.12.2010; опубл. 20.06.2013; Бюл. №17.

61. Композиционные материалы: Справочник. Под редакцией Д.М. Карпиноса. Киев, 1985. 592 с.

62. Петров М.Ю. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин композиционными материалами: дисс. ... канд. тех. наук. Тверь, 2005. 130 с.

63. Фаюршин А.Ф. Повышение долговечности лап культиваторов в сельскохозяйственных ремонтных предприятиях: дисс. ... канд. тех. наук. Уфа, 2006. 149 с.

64. Порошковая металлургия. Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник. Под ред. И.М. Федорченко. Киев, 1985. - 745 с.

65. Черновол М.И., Голубев И.Г. Композиционные покрытия при восстановлении деталей: Обзорная информ. М., 1989. 42 с.

66. Виноградов В.В. Восстановление и упрочнение стрелчатых лап почвообрабатывающих машин металлокерамическими материалами. *Молодежь и XXI век - 2016: Материалы VI Международной молодежной научной конференции*. Курск. 2016. С. 89-94.

67. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Виноградов В.В. Исследование микроструктуры композиционных металлокерамических покрытий, полученных карбовибродуговой наплавкой. *Сварочное производство*. 2016. № 11. С. 5-8.

68. Коломейченко А.В., Титов Н.В., Кондрахин Н.А. Исследование технологических возможностей карбовибродугового метода упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин. *Техника и оборудование для села*. 2015. №2. С. 24-26.

69. Коломейченко А.В., Титов Н.В. Исследование твердости упрочнённых

карбовибродуговим методом с использованием паст рабочих органов почвообрабатывающей техники. *Образование, наука и производство*. 2016. №1 (14). С. 28-33.

70. Способ упрочнения лезвий рабочих органов машин: пат. 2535123. Российская Федерация. №2013111230/02; опубл. 12.03.2013. Бюл. №34.

71. Способ восстановления лапы культиватора с одновременным упрочнением ее рабочей поверхности: пат. 2540316. Российская Федерация. № 2013131342/02; опубл. 08.07.2013. Бюл. № 4.

72. Способ производства лапы культиватора: пат. 2259267. Российская Федерация. №2002125298/02; опубл. 23.09.2002. Бюл. № 24.

73. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. М., 1995. - 336 с.

74. Балабуха О.В. Підвищення довговічності і ефективності роботи ріжучих елементів ґрунтообробних машин шляхом управління спрацюванням при дискретному зміцненні: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Кіровоград, 2001. 18с.

75. Бобрицький В.М. Підвищення зносостійкості різальних елементів робочих органів ґрунтообробних машин: автореф. дис. на здобуття ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». К., 2007. 21 с.

76. Бойко А.И., Балабуха А.В. Упрочнение лезвий как метод управления их геометрической формой при изнашивании. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*. Харків, 2000. Вип. 4. С. 49-56.

77. Василенко М. Перспективи застосування локального зміцнення при виготовленні і відновленні робочих органів. *Техніка АПК*. К., 2008. №1. С.29-31.

78. Василенко М.А., Буслаев Д.О., Калинин А.Е. Модифицирование наноструктуры созданного поверхностного слоя культиваторных лап для эксплуатации в почвах разных типов. *Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвід.темат. наук. зб.* Глеваха, 2015. Вип.1. С. 196-204.

79. Пугач А.М. Обґрунтування параметрів культиваторних лап, оснащених елементами локального зміцнення: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Вінниця, 2010. 20 с.

80. Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С. Зміна форми леза ґрунтообробних знарядь при зношуванні. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, випробування та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград, 2015. Вип. 45, ч. 1. С.21- 27.

81. Козаченко О.В., Шкрегаль О.М., Каденко В.С., Блезнюк О.В., Дьяконов С.О. Дослідження впливу параметрів леза на енергетичні характеристики робочих органів культиваторів. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал*. Харків, 2016. №4. С.236-242.

82. Козаченко О.В., Каденко В.С., Шкрегаль О.М. Теоретичне обґрунтування раціональної геометричної форми лапи культиватора. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2016. Вип.10/1 (29). С.48-52.

83. Робочий орган культиватора: пат.94680 Україна. №201406241; заявл. 05.06.2014; опубл. 25.11.14, Бюл. №22.

84. Робочий орган культиватора: пат. 106898 Україна. № u201511250; заявл 16.11.15; опубл 10.05. 2016; Бюл №9.

85. Способ нанесения износостойких покрытий на рабочую поверхность деталей почвообрабатывающих машин: пат. 2464358 Российская Федерация. №2011114189/02; заявл. 11.04.2011; опубл. 20.10. 2012; Бюл. №29.

86. Робочий орган культиватора: пат. 25889 Україна. № u200704167; заявл. 16.04.2007; опубл. 27.08. 2007, Бюл. №13.

87. Робочий орган культиватора: пат. 38105 Україна. № u00808195; заявл. 17.06.2008; опубл. 25.12. 2008, Бюл. №24.

88. Слинко Д.Б., Варламова Л.Д., Некрасов Д.М. Упрочнение рабочей поверхности лап культиваторов электродуговой наплавкой износостойкими валиками. *Труды ГОСНИТИ*. 2016. Т. 124 , № 2 .С. 118-124.

89. Некрасов Д.М., Слинко Д.Б. Упрочнение рабочей поверхности лап культиваторов электродуговой наплавкой износостойкими валиками. *Всероссийская научно-техническая конференция студентов. Студенческая научная весна 2016: Машиностроительные технологии*. 2016. URL: <http://studvesna.ru> (дата обращения: 14.03.2019).

90. Робочий орган культиватора: патент №85100 Україна. №u200700461; заявл. 17.01.07; опубл. 25.12.08, Бюл. № 24.

91. Робочий орган культиватора: патент №37351 Україна. u200807793; заявл. 09.06.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.

92. Робочий орган культиватора: патент №31616 Україна. u200715028; заявл. 29.12.07; опубл. 10.04.08, Бюл. № 7.

93. Робочий орган культиватора: патент №83229 Україна. u201304085; заявл. 02.04.13; опубл. 27.08.13, Бюл. № 16.

94. Способ изготовления рабочих органов почвообрабатывающих машин: патент 2528687 Российская Федерация. №2013113704/13; заявл. 28.03.2013; опубл. 20.09.2014; Бюл. №26.

95. Гогаев К.А., Подрезов Ю.Н., Волощенко С.М. Технология производства деталей из бейнитного чугуна с шаровидным графитом для почвообрабатывающей сельхозтехники. *Обработка материалов давлением*. 2017. № 1 (44). С. 210-217.

References

1. Aksenov P.I. (1985) Mashiny dlya obrabotki pochvy. Moskva. [in Russian].
2. Balabanov V.D. (2016) Agregaty dlya predposevnoy obrabotki pochvy. Luchshie sredi ravnykh. *Aktual'nye agrosistemy*. № 10. pp. 18-19. [in Russian].
3. Belyakov I.I. (1983) Agrotekhnika vazhneyshikh zernovykh kul'tur. Moskva. [in Russian].
4. Lavrukhin V.A., Tereshchenko I.S., Cherkashin N.V. (1975) Osnovnaya i predposevnaya obrabotka pochvy. Moskva. [in Russian].
5. Khrushchov M.M., Babichev M.A. (1970) Abrazivnoe iznashivanie. Moskva. [in Russian].
6. Akhmetshin T.F. (1988) Povyshenie iznosostoykosti i dolgovechnosti

strel'chatykh lap kul'tivatorov: diss. ... kand. tekh. nauk. Moskva. 245 p. [in Russian].

7. Zaytsev S.A. (2013) Povyshenie iznosostoykosti rabochikh poverkhnostey lap kul'tivatora gazoplammennym napyleniem s posleduyushchim oplavlaniem: dis. ... kand. tekh. nauk. Moskva. 164 p. [in Russian].

8. Lyulyakov I.V. (2005) Razrabotka tekhnologii vosstanovleniya strel'chatykh lap kul'tivatorov putem zameny rezhushchey chasti: diss. ... kand. tekh. nauk. Saratov. 192 p. [in Russian].

9. Lyalyakin V.P., Solov'ev S.A., Aulov V.F. (2014) Sostoyanie i perspektiva uprochneniya i vosstanovleniya detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarochno-naplavochnymi metodami. *Trudy GOSNITI*. T. 115. pp. 96-104. [in Russian].

10. Mikhal'chenkov A.M., Fes'kov S.A. (2013) Iznashivanie strel'chatykh lap posevnogo kompleksa Morris, vosstanovlennykh sposobom termouprochnennykh «kompensiruyushchikh elementov». *Traktory i sel'khoz mashiny*. №12. pp. 50-52. [in Russian].

11. Polivaev O.I., Kostikov O.M. (2016) Ispytanie sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i energosilovykh ustanovok: Uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg. [in Russian].

12. Sidorov S.A. (2007) Povyshenie dolgovechnosti i rabotosposobnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin i orudiy, primenyaemykh v sel'skom i lesnom khozyaystvakh: diss. ... dok. tekh. nauk. Moskva. [in Russian].

13. Titov N.V., Kolomeychenko A.V., Vinogradov V.V., Basinyuk V.L. (2016) Osobennosti zazhiganiya elektricheskoy dugi pri karbovibrodogovom uprochnenii rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. № 4. pp. 34-38. [in Russian].

14. Khalanskiy V.M., Gorbachev I.V. (2003) Sel'skokhozyaystvennye mashiny. Moskva. [in Russian].

15. Sposob izgotovleniya lap kul'tivatorov: avtorskoe svidetel'stvo 1296272. №3921826; zayavl. 02.07.1985; opubl. 15.03.1987. [in Russian].

16. Sposob izgotovleniya lap kul'tivatorov: avtorskoe svidetel'stvo 1734912. №4863084; zayavl. 29.08.1990; opubl. 23.05.1992. [in Russian].

17. Sposob izgotovleniya lap kul'tivatorov: avtorskoe svidetel'stvo 1819725 №4940104; zayavl. 08.04.1991; opubl. 07.06.1993. [in Russian].

18. Tkachev V.N. (1971) Iznos i povysheniya dolgovechnosti detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin. Moskva. [in Russian].

19. Tkachev V.N. (1964) Iznos i povysheniya dolgovechnosti rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Moskva. [in Russian].

20. Tkachev V.N. (1965) Iznos rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin i nekotorye metody uvelicheniya sroka ikh sluzhby: aftoref. dis. ... dokt. tekhn. nauk. Novocheerkassk. 22 p. [in Russian].

21. Rabinovich A.Sh. (1962) Samozatachivayushchiesya pluzhnye lemekha i drugie pochvorezhushchie detali mashin. Moskva. [in Russian].

22. Rabinovich I.P. (1956) Iznos detaley sel'khoz mashin i puti povysheniya ikh iznosostoykosti. *Povyshenie dolgovechnosti mashin*. Moskva. pp. 43-48. [in Russian].

23. Rabinovich A.Sh. (1964) Povyshenie rabotosposobnosti i srokov sluzhby rezhushchikh rabochikh organov mashin putem obespecheniya ikh samozatachivaniya. *Povyshenie nadezhnosti i dolgovechnosti sel'skokhozyaystvennykh mashin*. Moskva. pp. 342-553. [in Russian].

24. Povyshenie iznosostoykosti i dolgovechnosti rezhushchikh elementov sel'skokhozyaystvennykh mashin: materialy konferentsii. (1967) Minsk. [in Russian].
25. Rabinovich A.Sh., Vinokurov V.N. (1963) Analiz iznashivaniya kul'tivatornykh lap, *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, № 6, pp. 27-29. [in Russian].
26. Kanivets I.D. (1956) Issledovanie iznosa lap kul'tivatorov s odnorodnymi i naplavlennymi sortamentom lezviyami v usloviyakh chernozemnykh pochv Tsentral'noy stepi USSR: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Khar'kov. 19 p. [in Russian].
27. Podkatilov K.E. (1969) Dinamicheskie issledovaniya rabochikh organov kul'tivatorov povyshennoy dolgovechnosti i iznosostoykosti s nizhnim i verkhnim uprochneniem tverdymi splavami: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Rostov-na-Donu. 28 p. [in Russian].
28. Podkatilov K.E. (1982) K voprosu samozatachivaniya kul'tivatornykh lap s verkhnim uprochneniem tverdym splavom. *Proektirovanie rabochikh organov uborochnykh pochvoobrabatyvayushchikh s.-kh. mashin, agregatov dlya kormoproizvodstva: Mezhhuzovskiy sb. VISKhOM*. Rostov-na-Donu. pp. 98-104. [in Russian].
29. Rabinovich A.Sh., Vinokurov V.N. (1960) Razrabotka i ispytaniya samozatachivayushchikhsya lap kul'tivatorov. *Traktory i sel'khoz mashiny*. №11. pp. 19-24. [in Russian].
30. Ermolov L.S. (1979) Povyshenie nadezhnosti s.kh. tekhniki. Moskva. [in Russian].
31. Rozenbaum A.N., 1967, Povyshenie dolgovechnosti rezhushchikh detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin putem primeneniya bimetallov: avtoref. diss. ... kand. tekhn. nauk. Moskva, 176 s. [in Russian].
32. Metodika opredeleniya ekonomicheskoy effektivnosti tekhnologiy i sel'skokhozyaystvennoy tekhniki: Normativno-spravochnyy material. Ch. 1,2. (1998) Moskva. [in Russian].
33. Podkatilov K.E. (1969) Povyshenie iznosostoykosti samozatachivayushchikhsya rabochikh organov kul'tivatorov. *Povyshenie nadezhnosti i dolgovechnosti s.kh. mashin*. Moskva. pp. 374-377. [in Russian].
34. Proizvodstvo kul'tivatornykh lap. Available from: <http://granit-agro.ru/techandprod.html> [Accessed: 14.03.2019]. [in Russian].
35. Selezov A.V., Kashaykin S.I., Dobrin D.A. (2018) Povyshenie resursa i iznosostoykosti strel'chatykh lap kul'tivatora metodom naplavki iznosostoykikh valikov. *Akademiya pedagogicheskikh idey «Novatsiya». Seriya: Studencheskiy nauchnyy vestnik*. № 01 (yanvar'). Available from: <http://akademnova.ru/page/875550> [Accessed: 14.03.2019]. [in Russian].
36. Lyalyakin V. P., Solov'ev S.A, Aulov A.V. (2014) Sostoyanie i perspektivy uprochneniya i vosstanovleniya detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin svarochno-naplavochnymi metodami. *Svarochnoe proizvodstvo*. №7, pp. 32-36. [in Russian].
37. Senchishin V.S., Pul'ka Ch.V. (2012) Sovremennye metody naplavki rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh i uborochnykh sel'skokhozyaystvennykh mashin (obzor). *Avtomaticheskaya svarka*. №9. pp.43-54. [in Russian].
38. Gazotermicheskoe napylenie. Ucheb. posobie pod obsch. red. L.Kh. Baldaeva. (2007) Moskva. [in Russian].
39. Kozarovets N.V., Betenya G.F., Aniskovich G.I., Gordienko A.I., Golubev V.S., Davidovich A.N. (2012) Innovatsionnye tekhnologii uprochneniya detaley sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. *Sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoy nauchno-*

tekhnicheskoy konferentsii 10-12 sentyabrya 2012, g. Uglich «Modernizatsiya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva na baze innovatsionnykh mashinnykh tekhnologiy i avtomatizirovannykh sistem». pp. 219-228. [in Russian].

40. Mochalov I.I. (1984) Remont sel'skokhozyaystvennykh mashin. Moskva. [in Russian].

41. Tkachev V.N. (1962) Novyy metod uprochneniya rezhushchikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. Kiev. №4. pp.38-41. [in Russian].

42. Fayurshin A.F., Khakimov R.R. (2014) Osobennosti polucheniya iznosostoykogo sloya gazoplammennym uprochneniem, *Materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Remont. Vosstanovlenie. Renovatsiya»*. Ufa. pp. 235-238. [in Russian].

43. Shilo I.N., Betenya G.F., Marinich L.A. (2010) Povyshenie rabotosposobnosti detaley rabochikh organov sel'skokhozyaystvennykh mashin. Minsk. [in Russian].

44. Belyy A.V., Karpenko G.D., Myshkin K.N. (1991) Struktura i metody formirovaniya iznosostoykikh poverkhnostnykh sloev. Moskva. [in Russian].

45. Ishkov A.V., Ivanayskiy V.V., Mishustin N.M. (2012) Boridnye pokrytiya dlya pochvoobrabatyvayushchikh organov sel'khoztekhniki: poluchenie, struktura i iznosostoykost' v real'nykh usloviyakh. *Trudy GOSNITI*. T. 109. pp. 7-11. [in Russian].

46. Litovchenko N.N., Titov N.V., Kolomeychenko A.V. (2013) Elektrovibrodugovoe uprochnenie rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin metallokeramicheskimi materialami. *Traktory i sel'khoz mashiny*. № 2. pp. 49-50. [in Russian].

47. Mishustin N.M., Ivanayskiy V.V., Krivochurov N.T. (2010) Konstruirovaniye uprochnyayushchego pokrytiya s uchetom real'nogo iznosa detali. *Polzunovskiy al'manakh*. №1. pp. 75-80. [in Russian].

48. Litovchenko N.N., Kulikov V.N. Elektrodogovoe uprochnenie detaley naneseniem metallokeramicheskikh pokrytiy. *Mashinno-tekhnologicheskaya stantsiya*. 2011. №4. S. 50-51 [in Russian].

49. Titov N.V., Kolomeychenko A.V. Vosstanovlenie i uprochnenie strel'chatykh lap pochvoobrabatyvayushchikh mashin metallokeramicheskimi materialami. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2014. №1. S. 42-43. [in Russian].

50. Severnev M.M. (1972) Iznos detaley sel'skokhozyaystvennykh mashin. Leningrad.

51. Fayurshin, A.F. (2006) Povyshenie dolgovechnosti lap kul'tivatorov v sel'skokhozyaystvennykh remontnykh predpriyatiyakh: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Ufa. 16 p. [in Russian].

52. Bobrov G.V., Il'in A.A. (2004) Nanesenie neorganicheskikh pokrytiy. Moskva. [in Russian].

53. Bobritskiy, V.M. (2007) Povyshenie iznosostoykosti rezhushchikh elementov rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Moskva. 20 s. [in Russian].

54. Budko, S.I. (2009) Metody povysheniya effektivnosti uprochneniya detaley lemeshno-otval'nykh pluzhno-dugovoy naplavkoy tverdymi splavami: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. SPb. 20 p. [in Russian].

55. Dudnikov A.A., Belovod A.I., Pasyuta A.G., Kelemesh A.A., Gorbenko A.V. (2015) Tekhnologicheskie sposoby povysheniya dolgovechnosti i resursa rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. *Mashinovedenie i Mashinostroenie: Tekhnologicheskii audit i rezervy proizvodstva*. № 5/1(25). S. 4-7. [in Russian].

56. Yushkov V.V., Kvakin A.G., Knyazev A.A., Terent'ev V.P. (1986) Potochno-mekhanizirovannaya liniya vosstanovleniya lap kul'tivatorov. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve*. №8. S. 51-52. [in Russian].
57. Sposob vosstanovleniya strel'chatykh lap propashnykh kul'tivatorov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: patent 2443523 Rossiyskaya Federatsiya. №2010100444/02; zayavl. 11.01.2010; opubl. 20.07.2011; Byul. №20. [in Russian].
58. Sposob vosstanovleniya strel'chatykh lap kul'tivatorov: patent 2467857 Rossiyskaya Federatsiya. №2011113591/02; zayavl. 07.04.2011; opubl. 27.11.2012; Byul. №33. [in Russian].
59. Strel'chataya lapa kul'tivatora: patent 2462852 Rossiyskaya Federatsiya. №2011106409/13; zayavl. 21.02.2011; opubl. 10.10.2012; Byul. №28. [in Russian].
60. Sposob uprochnyayushchego vosstanovleniya detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin: patent 2462852 Rossiyskaya Federatsiya. №2010150217/02; zayavl. 07.12.2010; opubl. 20.06.2013; Byul. №17. [in Russian].
61. Kompozitsionnye materialy: Spravochnik. (1985) Pod redaktsiey D.M. Karpinosa. Kiev. [in Russian].
62. Petrov M.Yu. (2005) Uprochnenie rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin kompozitsionnymi materialami: diss. ... kand. tekh. nauk. Tver'. 130 s. [in Russian].
63. Fayurshin A.F. (2006) Povyshenie dolgovechnosti lap kul'tivatorov v sel'skokhozyaystvennykh remontnykh predpriyatiyakh: diss. ... kand. tekh. nauk. Ufa. 149 p. [in Russian].
64. Poroshkovaya metallurgiya. Materialy, tekhnologiya, svoystva, oblasti primeneniya: Spravochnik. (1985) Pod red. I.M. Fedorchenko. Kiev. [in Russian].
65. Chernovol M.I., Golubev I.G. (1989) Kompozitsionnye pokrytiya pri vosstanovlenii detaley: Obzornaya inform. M. [in Russian].
66. Vinogradov V.V. (2016) Vosstanovlenie i uprochnenie strel'chatykh lap pochvoobrabatyvayushchikh mashin metallokeramicheskimi materialami. *Molodezh' i XXI vek - 2016: Materialy VI Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii*. Kursk. pp. 89-94. [in Russian].
67. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Vinogradov V.V. (2016) Issledovanie mikrostruktury kompozitsionnykh metallokeramicheskikh pokrytiy, poluchennykh karbovibrodugovoy naplavykoy. *Svarochnoe proizvodstvo*. № 11. pp. 5-8. [in Russian].
68. Kolomeychenko A.V., Titov N.V., Kondrakhin N.A. (2015) Issledovanie tekhnologicheskikh vozmozhnostey karbovibrodugovogo metoda uprochneniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*. №2. pp. 24-26. [in Russian].
69. Kolomeychenko A.V., Titov N.V. (2016) Issledovanie tverdosti uprochnennykh karbovibrodugovym metodom s ispol'zovaniem past rabochikh organov pochvoobra'btyvayushchey tekhniki. *Obrazovanie, nauka i proizvodstvo*. №1 (14). S. 28-33. [in Russian].
70. Sposob uprochneniya lezviy rabochikh organov mashin: pat. 2535123. Rossiyskaya Federatsiya. №2013111230/02; opubl. 12.03.2013. Byul. №34. [in Russian].
71. Sposob vosstanovleniya lapy kul'tivatora s odnovremennym uprochneniem ee rabochey poverkhnosti: pat. 2540316. Rossiyskaya Federatsiya. № 2013131342/02; opubl. 08.07.2013. Byul. № 4. [in Russian].
72. Sposob proizvodstva lapy kul'tivatora: pat. 2259267. Rossiyskaya Federatsiya.

№2002125298/02; opubl. 23.09.2002. Byul. № 24. [in Russian].

73. Tkachev V.N. (1995) Rabotosposobnost' detaley mashin v usloviyakh abrazivnogo iznashivaniya. M. [in Russian].

74. Balabuha O.V. (2001) Pidvyshhennja dovgovichnosti i efektyvnosti roboty rizhuchyh elementiv gruntoobrobnyh mashyn shljahom upravlinnja spracjuvannjam pry dyskretnomu zmichenni: avtoref. dys. kand. tehn. nauk: spec. 05.05.11 «Mashyny i zasoby mehanizacii' sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva». Kirovograd. 18 p. [in Ukrainian].

75. Bobryc'kyj V.M. (2007) Pidvyshhennja znosostykosti rizal'nyh elementiv robochych organiv g'runtoobrobnyh mashyn: avtoref. dys. na zdobuttja stupenja kand. tehn. nauk: spec. 05.05.11 «Mashyny i zasoby mehanizacii' sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva». K. 21 p. [in Ukrainian].

76. Boyko A.I., Balabukha A.V. (2000) Uprochnenie lezviy kak metod upravleniya ikh geometricheskoy formoy pri iznashivanii. *Visnyk Harkivs'kogo derzhavnogo tehnicnogo universytetu sil's'kogo gospodarstva*. Harkiv. Vyp. 4. pp. 49-56. [in Russian].

77. Vasylenko M. (2008) Perspektyvy zastosuvannja lokal'nogo zmichennja pry vygotovlenni i vidnovlenni robochych organiv. *Tehnika APK*. K. №1. pp.29-31. [in Ukrainian].

78. Vasilenko M.A., Buslaev D.O., Kalinin A.E. (2015) Modifitsirovanie nanostruktury sozdannogo poverkhnostnogo sloya kul'tivatornykh lap dlya ekspluatatsii v pochvakh raznykh tipov. *Mehanizacija ta elektryfikacija sil's'kogo gospodarstva: mizhvid.temat. nauk. zb. Glevaha*. Vyp.1. pp. 196-204. [in Russian].

79. Pugach A.M. (2010) Obruntuvannja parametriv kul'tyvatornyh lap, osnashhenyh elementamy lokal'nogo zmichennja: avtoref. dys. kand. tehn. nauk: spec. 05.05.11 «Mashyny i zasoby mehanizacii' sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva». Vinnycja. 20 p. [in Ukrainian].

80. Kozachenko O.V., Shkregal' O.M., Kadenko V.S. (2015) Zmina formy leza g'runtoobrobnyh znarjad' pry znoshuvanni. *Zagal'noderzhavnyj mizhvidomchyj naukovotehnicnyj zbirnyk. Konstrujuvannja, vyprobuvannja ta ekspluatacija sil's'kogospodars'kyh mashyn*. Kirovograd. Vyp. 45, ch. 1. pp.21- 27. [in Ukrainian].

81. Kozachenko O.V., Shkregal' O.M., Kadenko V.S., Bleznjuk O.V., D'jakonov S.O. (2016) Doslidzhennja vplyvu parametriv leza na energetychni harakterystyky robochych organiv kul'tyvatoriv. *Tehnicnyj servis agropromyslovogo, lisovogo ta transportnogo kompleksiv: Naukovyj zhurnal*. Harkiv. №4. pp.236-242. [in Ukrainian].

82. Kozachenko O.V., Kadenko V.S., Shkregal' O.M. (2016) Teoretychne obruntuvannja racional'noi' geometrychnoi' formy lapy kul'tyvatora. *Visnyk Sums'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Serija «Mehanizacija ta avtomatyzacija vyrobnychych procesiv*. Vyp.10/1 (29). S.48-52. [in Ukrainian].

83. Robochyj organ kul'tyvatora: pat.94680 Ukrayna. №201406241; zajavl. 05.06.2014; opubl. 25.11.14, Bjul. №22. [in Ukrainian].

84. Robochyj organ kul'tyvatora: pat. 106898 Ukrai'na. № u201511250; zajavl. 16.11.15; opubl. 10.05. 2016; Bjul №9. [in Ukrainian].

85. Sposob naneseniya iznosostoykikh pokrytij na rabochuyu poverkhnost' detaley pochvoobrabatyvayushchikh mashin: pat. 2464358 Rossiyskaya Federatsiya. №2011114189/02; zayavl. 11.04.2011; opubl. 20.10. 2012; Byul. №29. [in Russian].

86. Robochyj organ kul'tyvatora: pat. 25889 Ukrai'na. № u200704167; zajavl. 16.04.2007; opubl. 27.08. 2007, Bjul. №13. [in Ukrainian].

87. Robochyj organ kul'tyvatora: pat. 38105 Ukrai'na. № u00808195; zajavl. 17.06.2008; opubl. 25.12. 2008, Bjul. №24. [in Ukrainian].

88. Slinko D.B., Varlamova L.D., Nekrasov D.M. (2016) Uprochnenie rabochey

poverkhnosti lap kul'tivatorov elektrodugovoy naplavkoy iznosostoykimi valikami. Trudy GOSNITI. T. 124, № 2. pp. 118-124. [in Russian].

89. Nekrasov D.M., Slinko D.B. (2016) Uprochnenie rabochey poverkhnosti lap kul'tivatorov elektrodugovoy naplavkoy iznosostoykimi valikami. Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov. Studencheskaya nauchnaya vesna 2016: Mashinostroitel'nye tekhnologii. Available from: <http://studvesna.ru> [Accessed: 14.03.2019]. [in Russian].

90. Rabochyj organ kul'tyvatora: patent №85100 Ukrai'na. №u200700461; zajavl. 17.01.07; opubl. 25.12.08, Bjul. № 24. [in Ukrainian].

91. Rabochyj organ kul'tyvatora: patent №37351 Ukrai'na. u200807793; zajavl. 09.06.08; opubl. 25.11.08, Bjul. № 22. [in Ukrainian].

92. Rabochyj organ kul'tyvatora: patent №31616 Ukrai'na. u200715028; zajavl. 29.12.07; opubl. 10.04.08, Bjul. № 7. [in Ukrainian].

93. Rabochyj organ kul'tyvatora: patent №83229 Ukrai'na. u201304085; zajavl. 02.04.13; opubl. 27.08.13, Bjul. № 16. [in Ukrainian].

94. Sposob izgotovleniya rabochikh organov pochvoobrabatyvayushchikh mashin: patent 2528687 Rossiyskaya Federatsiya. №2013113704/13; zayavl. 28.03.2013; opubl. 20.09.2014; Byul. №26. [in Russian].

95. Gogaev K.A., Podrezov Yu.N., Voloshchenko S.M. (2017) Tekhnologiya proizvodstva detaley iz beynitnogo chuguna s sharovidnym grafitom dlya pochvoobrabatyvayushchey sel'khoztekhniki. Obrabotka materialov davleniem. № 1 (44). S. 210-217. [in Russian].