

Рыбалко И.Н.,  
Тихонов А.В.,  
Мартыненко А.Д.,  
Сайчук А.В.

Харьковский национальный техниче-  
ский университет сельского хозяйства  
имени П. Василенко,  
г. Харьков, Украина,  
E-mail: kafrm@yandex.ru

## АНАЛИЗ НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРОВ

УДК 631.316.022

*Оценено напряженное состояние культиваторных лап в процессе их производства по уровню коэрцитивной силы. Выявлен перекокс в закреплении заготовок при штамповке. Проанализированы технологические способы повышения ресурса культиваторных лап и предложен оптимальный, который заключается в приварке угловой пластины, наплавке режущей кромки порошком Сормайт-1 с последующим упрочнением вибрационным деформированием.*

**Ключевые слова:** культиваторная лапа, вибрационное деформирование, напряжения, коэрцитивная сила, ресурс, износостойкость.

### Вступление

Культиваторы являются наиболее распространёнными почвообрабатывающими орудиями для выполнения предпосевной подготовки и рыхления почвы, а также используются для уничтожения сорняков.

Их изготовление по ГОСТ 23.2.164 «Лапы и стойки культиваторов» предусматривает 21 типоразмер универсальных лап [1]. Заводская технология изготовления лап состоит из штамповки рессорно-пружинных сталей 65Г или 70Г с формовкой режущей кромки, упрочняемой поверхностной термообработкой токами высокой частоты - ТВЧ [2] на твердость не менее 40 HRC на глубину 1-2 мм.

В Украине широко используют культиваторы как отечественного, так и иностранного производства фирм LEMKEN, Case (DMI Ecolo-Tiger 530, DMI Ecolo tiger 730) и JOHN DEERE. Они комплектуются лапами различных производителей, в том числе, и фирмами Osmundson Mfg. Co, CNH.

Многофункциональность стрелчатых лап культиваторов (рыхление и окучивание почвы, подрезание сорняков, высев семян) привела к созданию большого количества их конструкций, отличающихся спецификой износа. Как правило, конструктивные исполнения отличаются геометрическими параметрами крыльев и носков. Наряду с этим, на профиль износа оказывает влияние и определенный гранулометрический состав почвы. В свою очередь характер износа определяет разработку соответствующей технологии восстановления данных деталей.

Установлено [3-5], что процесс взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающих машин с почвенной абразивной средой при их перемещении характеризуется воздействием абразива почвы на клин с плоской или криволинейной рабочей поверхностью. Воздействие почвы на клин зависит от характера деформирования материала, параметров клина, физико-механических свойств и состояния почвы, скорости его перемещения.

При эксплуатации рабочих органов будет повышаться нормальное давление почвы на клин и это способствует снижению скорости относительного скольжения пласта по рабочей поверхности. При этом, у клина образуются застойные зоны почвенных

частиц, а величина изнашивания уменьшается [6].

Изнашивание режущих кромок лап культиваторов является [7, 8] необратимым процессом, определяемым разрушением почвы при выполнении пахотных работ. Величина и характер изнашивания определяются, прежде всего, закономерностями распределения напряжений на рабочих поверхностях культиваторной лапы.

Характер изнашивания лезвия культиваторной лапы в большей степени зависит от влажности почвы, которая на глубине культивации в течение сезона изменяется значительно больше, чем на глубине пахоты, и с уменьшением которой верхняя грань режущей кромки изнашивается интенсивнее. При высокой влажности (20-28%) общий износ рабочего органа значительно снижается, поскольку почва становится рыхлой [9]. Однако, интенсивность изнашивания лезвия возрастает по мере увеличения плотности почвы. Как известно [10, 11], лезвия культиваторов при обработке различных почв характеризуются отличающейся интенсивностью изнашивания, вследствие чего тяговое сопротивление агрегата возрастает на супесчаных почвах на 16%, суглинистых - на 26%, глинистых - на 33%. В тоже время износ рабочей поверхности культиваторной лапы оказывает влияние на закономерность изменения сопротивления агрегата при сплошной обработке почвы. Удельное сопротивление культиватора при работе с изношенными лапами на 20-30% больше, чем с новыми. Большинство лап (более 60%) утрачивают работоспособность из-за предельного износа носка и крыльев по его ширине.

В настоящее время в условиях ограниченности материальных средств в промышленном и сельскохозяйственном производстве особое значение приобретают технологии, отвечающие требованиям ресурсосбережения, без увеличения материальных затрат на их реализацию. Это в полной мере относится и к технологиям восстановления и упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин, интенсивная эксплуатация которых приводит к затуплению лезвий в результате их износа и коррозии, что ухудшает агротехнические показатели сельскохозяйственной техники, увеличивает потери и ведет к удорожанию сельскохозяйственной продукции. Однако, большинство применяемых технологий достаточно трудоемки или малоэффективны. Кроме того, практически при всех применяемых методах наплавки для получения упрочняющих покрытий используют износостойкие сплавы или их композиции, имеющие высокую стоимость. Выступающий перед лезвием носок в процессе резания первым внедряется в почвенную среду, обеспечивая заглубление лапы и ее устойчивость при работе. Высокое давление, реализуемое в зоне повышенного силового контакта режущей кромки носка с почвой, вызывает его опережающее изнашивание по отношению к лезвиям крыльев лапы. По мере роста наработки лапы величина вылета носка перед лезвием снижается, приближаясь к нулю, поэтому лишается способности заглубляться. В итоге лапа выбраковывается с большим запасом неизношенного металла по ширине.

### **Постановка проблемы**

Целью данного исследования являлся анализ существующих методов восстановления культиваторных лап для определения наиболее перспективных, а также выявление недостатков технологического процесса их изготовления по степени неоднородности напряженного состояния.

### **Методический подход в проведении исследований**

Новые и изношенные культиваторные лапы производства MARATHON SERIES фирмы OSMUNDSON [12] и 9.3" TigerMate II фирмы CNH (рис. 1) сопоставительно проверяли на наличие дефектов, неоднородность структуры и напряженного состояния металла по изменению коэрцитивной силы с использованием прибора системы КРМ-Ц-

К2М. Измерения коэрцитивной силы у культиваторных лап проводили в следующей последовательности. Согласно схем измерений (см. рис. 2) лапы MARATHON SERIES фирмы OSMUNDSON оценивали в 19 точках, а лапы 9.3" TigerMate II фирмы CNH в – 11 при использовании малого шупа (преобразователя).



Рис. 1 - Внешний вид исследуемых лап: а -MARATHON SERIES фирмы OSMUNDSON; б - 9.3" TigerMate II фирмы CNH

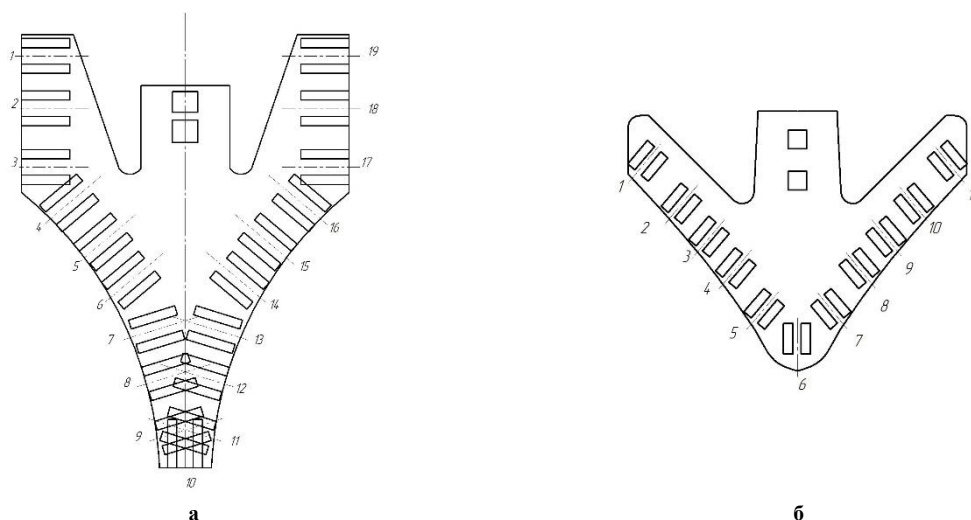


Рис. 2 - Схемы измерений коэрцитивной силы:  
а -MARATHON SERIES фирмы OSMUNDSON; б - 9.3" TigerMate II фирмы CNH

### Анализ способов повышения ресурса и долговечности культиваторных лап

Наибольшую надежность изготовленных и восстановленных стрелчатых лап обеспечивает комплексная технология, состоящая в приваривании внахлест к остову термоупрочненных компенсирующих элементов и заправке абразивостойким сплавом изношенной области стойки.

На основании этого и для их проверки была разработана стрелчатая лапа культиватора [13], лезвия которой с лицевой стороны (сверху) упрочняли методом индукционной наплавки твёрдосплавным материалом толщиной до 1,0 мм и затачивали с тыльной стороны. Носок стрелчатых лап усиливали износостойкой пластинкой с тыльной стороны. При этом, пластина выступала вперёд относительно линий кромок лезвий на 20 мм. Ширина пластины составила до 30, а толщина в пределах 2-3мм.

Проведенные полевые испытания показали эффективность упрочнения твёрдым сплавом лезвия сверху и увеличения его толщины покрытия с 0,4 до 1,0мм, что позволило существенно повысить наработку до предельного износа лапы по ширине захвата крыла, а также износу по ширине лезвия, износу лапы по толщине, по остроте лезвий.

Усиление носка пластиной позволило увеличить наработку лапы до предельного состояния по линейному износу носка, по износу ширины лезвий, износу лапы по толщине, по износу головок крепёжных болтов.

Другим методом поверхностного локального упрочнения является электрохимическая обработка (ЭМО) лап с тыльной стороны лезвия. Воздействие токов большой силы и пластического деформирования позволяет получить структуру поверхностного слоя с наличием «белой полосы» твердостью 60HRC. Незначительная глубина термоупрочненного слоя (менее 1,2 мм), высокие требования к инструменту и оборудованию уменьшают эффективность технологии.

Кроме того, известен способ наплавки абразивостойкого слоя на лезвийную часть [14], которая предполагает несколько технологических вариантов. Отличия между ними заключаются в использовании различных методов наплавки, электродных материалов, пространственного расположения наплавленного слоя, степени упрочняющего воздействия на ту или иную часть изделия (рис. 3, а, б, в).

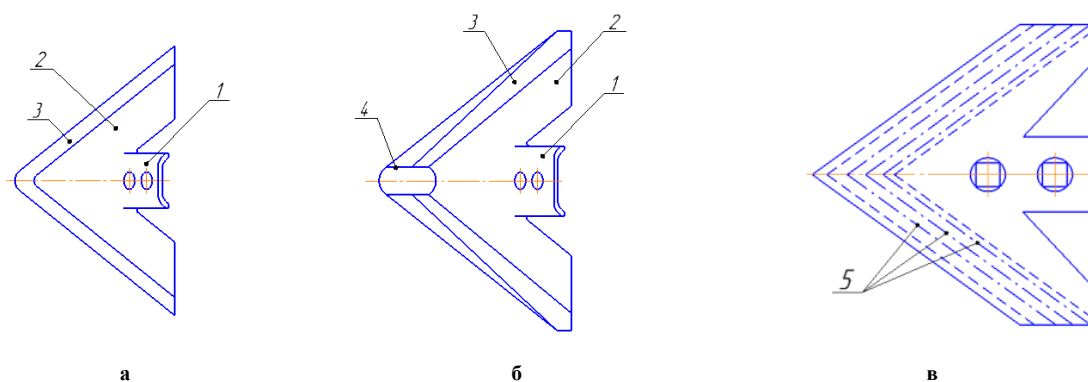


Рис. 3 - Варианты наплавки культиваторных лап:

а – с наплавленным лезвием патент РФ № 2452156, б – с наплавкой лезвия носка и измененным углом наплавки патентах РФ № 2452155; в - с армированной износостойким сплавом поверхностью патент РФ № 2184639; 1 - держатель; 2 - крылья; 3 - наплавленный износостойкий слой, 4 - упрочненная носовая часть; 5- линии армирования

Применение энергоёмких технологий (например, плазменная наплавка), дорогостоящих наплавочных материалов с дефицитными легирующими элементами часто не приводят к ожидаемому повышению ресурса. Значительные температурные воздействия и возникающие напряжения при обработке и эксплуатации также не будут способствовать достижению высокой стойкости к абразивному изнашиванию вследствие трещинообразования покрытий.

Попытки использовать цементацию и цианирование не нашли применения ввиду их технологической сложности, низкой экологичности, высокой стоимости детали и незначительной эксплуатационной эффективности.

Создание на каждом крыле культиваторной лапы клина с пилообразным лезвием и формирование выступов и впадин на тыльной стороне, где расположен упрочняющий слой металла, приводит к усложнению процесса изготовления. Сложный профиль лезвия при обработке засоренных участков будет отрицательно влиять на степень захватывания сорной растительности или пожнивных остатков.

Покрытия из смеси порошков, полученные газопламенным напылением, позволяют получить 4-х кратное повышение износостойкости, однако, это вызывает некоторые сомнения в связи с использованием порошковых материалов, реализуемых в такой технологии [15].

В литературе [16] рассматривается орудие, представляющее собой культиватор-

ную лапу, режущие элементы которой снабжены закрепленными на ее поверхности керамическими накладками. Невысокая способность к сопротивлению ударным нагрузкам снижает эффективность изделий.

В последнее время находят применение штамповарные конструкции лап культиваторов. Они состоят из держателя, двух крыльев с лезвием. Держатель сварен с пластинами и пластины между собой [17, 18]. Лапа подвергается термоупрочняющей обработке, а лезвийная часть – электроискровому легированию сплавом ВК. Приваривание крыльев лапы к держателю, который уступает им в размерах и массе, создает условия для снижения прочности конструкции. Электроискровое легирование даже с применением твердых спеченных сплавов, не сможет обеспечивать нужный ресурс изделия вследствие небольшой толщины упрочненного слоя.

Отмеченных недостатков лишен метод изготовления стрелчатых лап [19], при котором, лезвийная часть выполнена в виде конусной пластины и изготовлена как отдельный элемент из стали рессорно-пружинного класса, термоупрочненной на твердость 40-45HRC по всей глубине с последующей её приваркой к рабочей поверхности остова, путем наложения сварочных швов с тыльной стороны на всю длину крыльев и со стороны рабочей поверхности отдельными участками длиной около 6-8 мм в количестве не более двух для каждого крыла.

Предложенный способ с применением сварки позволяет повысить ремонтпригодность. Особенностью метода является присутствие в конструкции остова, выполняющего роль стойки, который может использоваться неоднократно (до 4-х раз), тем самым значительно увеличивая долговечность лапы. Таким образом, этот способ изготовления лап лишен недостатков, характерных для рассмотренных выше технологий, и может применяться в серийном производстве без существенных изменений в технологическом процессе.

Кроме перечисленных известны способы восстановления стрелчатых лап, которые сводятся к возобновлению нормированных размеров созданием запаса металла наплавкой и последующим деформированием [20], к применению новых крыльев с различными вариантами крепления и упрочнения [19].

Первый метод осуществляется за счет формирования запаса металла в области носка и по длине лезвия электродуговой наплавкой электродным материалом с содержанием углерода около 0,35-0,60 %. После наплавки выполняют оттяжку лапы горячим деформированием с использованием формообразующей оправки. Последующая операция – упрочнение путем охлаждения детали в воде. Чрезмерное и периодическое термическое воздействие на металл детали, сложность технологического процесса, невозможность обеспечения высокой твердости (более 40HRC) не позволяют рекомендовать его применение для массового восстановления. Вызывает сомнение возможность неоднократного восстановления, т.к. нагрев лап выше 800 °С приводит к снижению физико-механических характеристик стали.

Известен так же способ восстановления лап культиваторов [21], который позволяет увеличить их долговечность при повышении износостойкости. Его сущность состоит в креплении угловой пластины, упрочненной с тыльной стороны электролизным борированием или электроискровым способом в два слоя твердыми сплавами, к не полностью изношенной части лапы резьбовым соединением (рис. 4, а). Необходимость строгой координации крепежных отверстий; нарезание резьбы с мелким шагом; проведение электролиза или электроискрового легирования не могут обеспечить достаточного ресурса из-за небольшой ширины и толщины износостойкого покрытия; технология является трудоёмкой в создании надежного резьбового соединения на изношенных по толщине участках, что ограничивает применение метода.

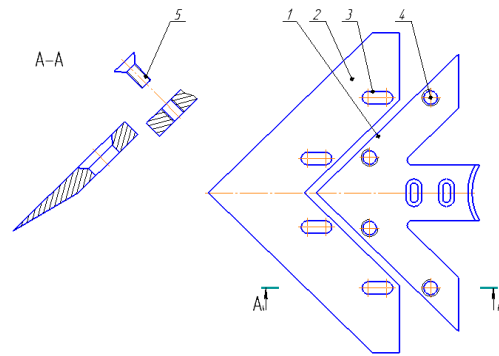


Рис. 4 - Схема восстановления лап путем крепления угловой пластины:  
1 - восстанавливаемая лапа; 2 - угловые пластины; 3 - сквозные отверстия; 4 - резьбовые отверстия; 5 – винты

Одной из разновидностей способов повышения долговечности лап является технология, заключающаяся в приваривании угловой пластины, копирующей её профиль, встык к заранее изготовленному основанию. После сварки проводится упрочняющее электролизное борирование лезвийной области. Технология требует геометрически точной подгонки крепежного элемента и привариваемой пластины для соблюдения нормированной геометрии изделия. Износ имеет овальную форму и неодинаков в размерах для отдельных лап, т.е. каждый раз необходимо увязывать геометрию основания с заменяемыми крыльями, что требует проведения дополнительных операций и оснастки. Проведение электролизного борирования непосредственно на восстановленной детали в силу сложности процесса также накладывает свои ограничения на возможности реализации способа.

Повышения износостойкости лапы можно достичь за счет приваривания элемента из разнородных сталей, наружная конфигурация которого соответствует рабочей части лапы, а конфигурация внутренней – подготовленной к восстановлению изношенной области. Процесс восстановления отличается значительной сложностью (применение различных марок сталей и сварки взрывом), и поэтому не может быть рекомендован к широкому использованию для возобновления ресурса лап на ремонтном производстве, где отсутствует серийное производство.

Одним из главных направлений повышения долговечности рабочих органов сельскохозяйственных машин является нанесение упрочняющих покрытий на их поверхность в процессе изготовления или восстановления. Особый интерес представляют композиционные покрытия, в частности, керамико-металлические, состоящих из металлической матрицы и керамического наполнителя. Покрытие такой гетерогенной структурой, исходя из современных представлений о триботехнических материалах, являются самыми совершенными при работе в условиях абразивного износа.

Одним из самых простых и эффективных способов нанесения восстановительных и упрочняющих покрытий является газопорошковая наплавка (ГПН), которая отличается низкой энергоемкостью, достаточно высокой производительностью и достаточно широко распространена на ремонтных предприятиях различного профиля.

Основными материалами для ГПН являются самофлюсующиеся порошки на основе никеля и кобальта, которые позволяют получать высококачественные покрытия, как на стальных, так и на чугунных деталях. Но указанные порошковые материалы имеют существенный недостаток - высокую стоимость.

Для осуществления операции ГПН КМП можно использовать любую горелку. В качестве материала предложено использовать механическую смесь ПР-Х4Г2Р4С2Ф+40% КХНП-20. Режимы наплавки: дистанция напыления - 30мм; дистанция оплавления - 15...20мм; коэффициент  $\beta = (0,8...1)/1$ ; скорость наплавки (скорость

напыления - 11...12 м/ч, скорость оплавления 12,5...13,5 м/ч) расход порошковой смеси на одну лапу 40...44г. Толщина слоя наплавляемый составляет 0,4...0,6мм [22]. Эксплуатационные испытания упрочненных деталей показали, что абразивная износостойкость возрастает по сравнению с серийными в 2,5...4 раза.

Для восстановления изношенных стрелчатых лап культиваторов предложена технология [23] (рис. 5). Изношенную часть лап лезвия удаляют шлифовальной отрезным кругом с помощью угловой шлифовальной машины. Из листовой стали 45 (соответствует качественной сварке) с помощью пресса путем изгиба под углом  $60^\circ$  изготавливают угловые пластины. Затем их приваривают по периметру лапы сплошным швом электродуговой проволокой  $\varnothing 2\text{мм}$  Св-08ГС с помощью сварочного полуавтомата при следующих параметрах: напряжение - 20В; сила сварочного тока - 180А; скорость подачи проволоки - 160 м/ч. Анализом установлено, что повышение напряжения приводит к незначительному увеличению глубины проплавления основного металла, а уменьшение напряжения от оптимального - ухудшает качество сварного шва. Сварка с силой тока менее 180А приводит к не провару, а при большей - происходят прожоги изделия. Увеличение или уменьшение скорости подачи проволоки снижает стабильность горения дуги, что приводит к значительному ухудшению качества сварного шва. При наплавке порошка Сормайт-1 необходима проверка параллельности основы лапы на станке, после чего выполняется заточка режущей кромки лапы. Последующее упрочнение поверхности лапы следует выполнять при следующих параметрах: усилие обработки 12,5-15,2 кН; амплитуда колебаний - 0,75мм; время упрочнения - 30с. Увеличение амплитуды колебания приводит к неравномерному приросту ширины режущего элемента лапы по длине на 0,55-1,10мм, а уменьшение - снижает величину деформации по толщине [24]. Вибрационное деформирование обеспечивает равномерную и мелкозернистую структуру металла, а также характеризуется более однородным распределением фаз на глубину до 150... 220мкм. При уменьшении давления менее 12,5кН не достигается однородного упрочнения обрабатываемой поверхности, а более чем 15,2кН имеет место локальное повреждение фаз сплава с зарождением субмикротрещин.

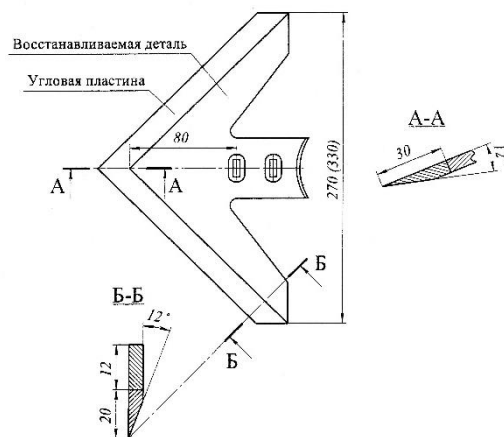


Рис. 5 - Способ восстановления изношенных культиваторных лап с поверхностным упрочнением:  
1 - лапа, 2 - привариваемая пластина

На основе выполненного анализа рекомендуется к использованию двух вариантов восстановления лап культиваторов. Первый комплексный метод восстановления этих деталей с использованием наплавки изношенного слоя сормайт-1 и последующим вибрационным упрочнением, что обеспечивает увеличение их жизненного цикла на 68%.

Второй метод включает технологический процесс восстановления, который полностью копирует технологию изготовления. Полученное изделие должно соответствовать всем нормированным размерам во избежание нарушения агротехнических норм на

культивацию.

Данный прием сварки позволяет после износа пластины и шва с нижней стороны (он выступает вперед относительно шва, расположенного с рабочей стороны в сечении, параллельном осевой линии) беспрепятственно удалять пластину и приваривать новую, тем самым упрощая технологический процесс восстановления.

Достижение высокой долговечности обеспечивается за счет реализации двух факторов: лезвийную часть изготавливают из сталей рессорно-пружинного класса и термообработку на твердость 40-45 HRC, которая повышает абразивную износостойкость изделия. При этом, элемент крепится к рабочей поверхности лапы, привариванием таким образом, чтобы обеспечить высокую степень ремонтпригодности и возможность неоднократного использования остова.

Способ допускает применение в качестве ремонтных материалов листы рессор, утративших свою жесткость, но сохранивших высокую твердость (более 40HRC). Использование рессорных листов позволяет исключить из технологической цепочки операции термообработки, что значительно снизит себестоимость восстановления детали.

Таким образом, из множества существующих способов изготовления и восстановления наиболее приемлемым следует считать применение угловых пластин, компенсирующих износ, которые термоупрочнены на твердость не менее 43 HRC с последующей приваркой таких элементов к остову (неизношенной части лапы) [25], выполняющих роль крепежа. Кроме этого, общий технологический процесс восстановления предусматривает заправку сквозных повреждений лапы с использованием метода лежачих электродов.

### **Результаты исследования напряжённого состояния культиваторных лап**

Выполнен анализ качества культиваторных лап в процессе их производства и эксплуатации, который проводили на основе статистической обработки показаний измерений коэрцитивной силы.

По предложенной методике были проведены измерения величины коэрцитивной силы новых и изношенных культиваторных лап и определено их напряженное состояние, которое представлено на рис. 6 и 7. Из полученных зависимостей видно, что для новых лап фирмы OSMUNDSON характерен незначительный разброс в показаниях коэрцитивной силы по измеряемым точкам. Разброс значений изменяется от 11,8 до 12,7 А/см, что указывает на хорошее качество металла и его штамповки. У изношенных лап наблюдается изменение коэрцитивной силы на крыльях. Особенно это видно на лапах с наработкой 900га. На крыльях лап она снижается до 10,8-11,3 А/см.

Динамика изменения коэрцитивной силы в зависимости от наработки указывает на структурную деградацию металла, несмотря на формируемые напряжения в области крыльев культиваторных лап.

Для новых лап фирмы CNH характерен значительный разброс в показаниях коэрцитивной силы по измеряемым точкам. Разброс значений составляет от 13,36 до 20,53 А/см, что указывает на возникновение локальных напряжений в материале у крыльев и снижение их у носка при штамповке. Из этого следует, что штамповка происходит с некоторым перекосом при закреплении заготовки. У изношенных лап наблюдается повышение напряженного состояния по всем точкам с незначительным разбросом значений коэрцитивной силы. Разброс показаний находится в пределах от 17,23-25,23 А/см. Для всех анализируемых лап характерно некоторое снижение напряженного состояния на носке и возрастание – на крыльях.



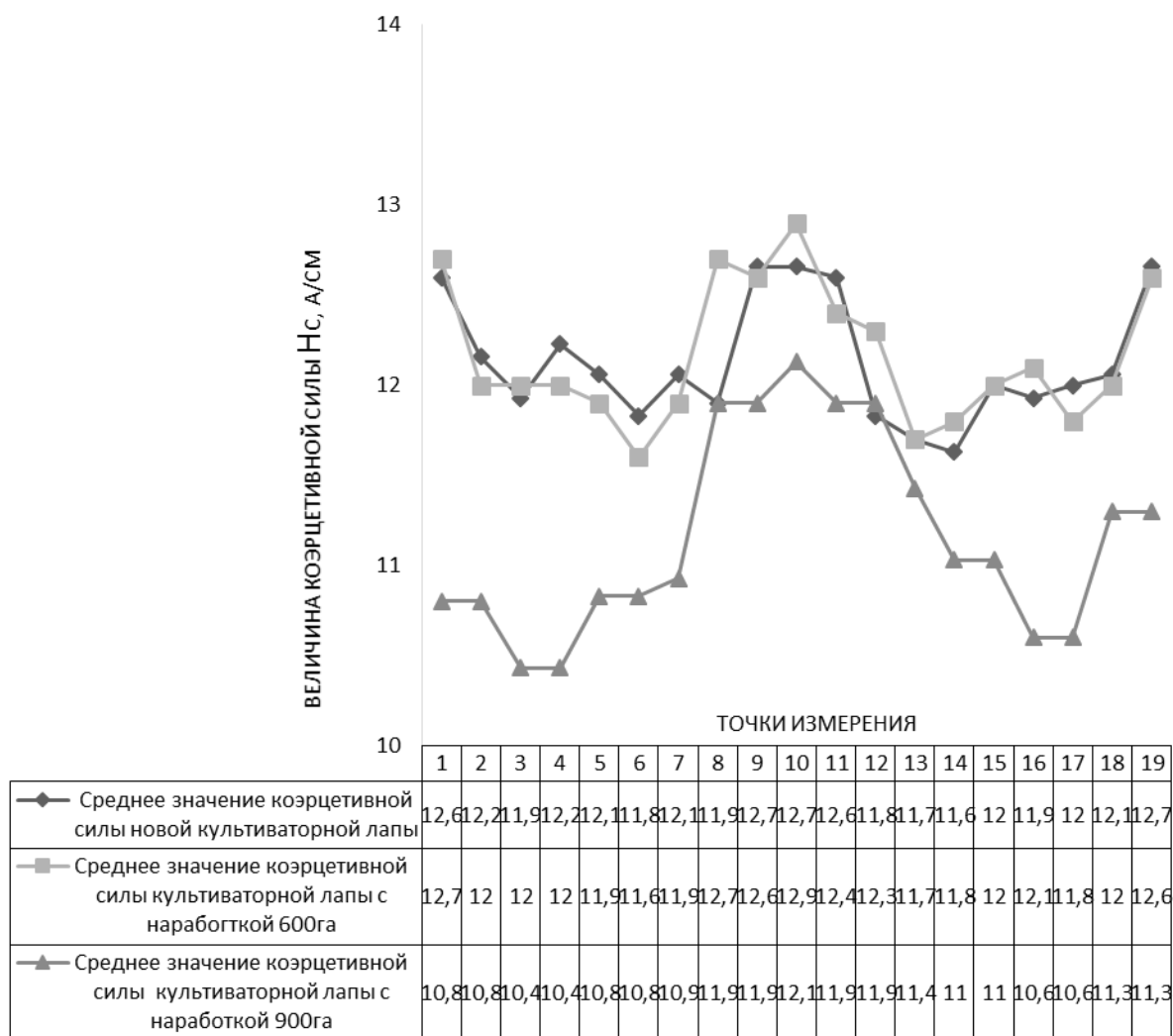
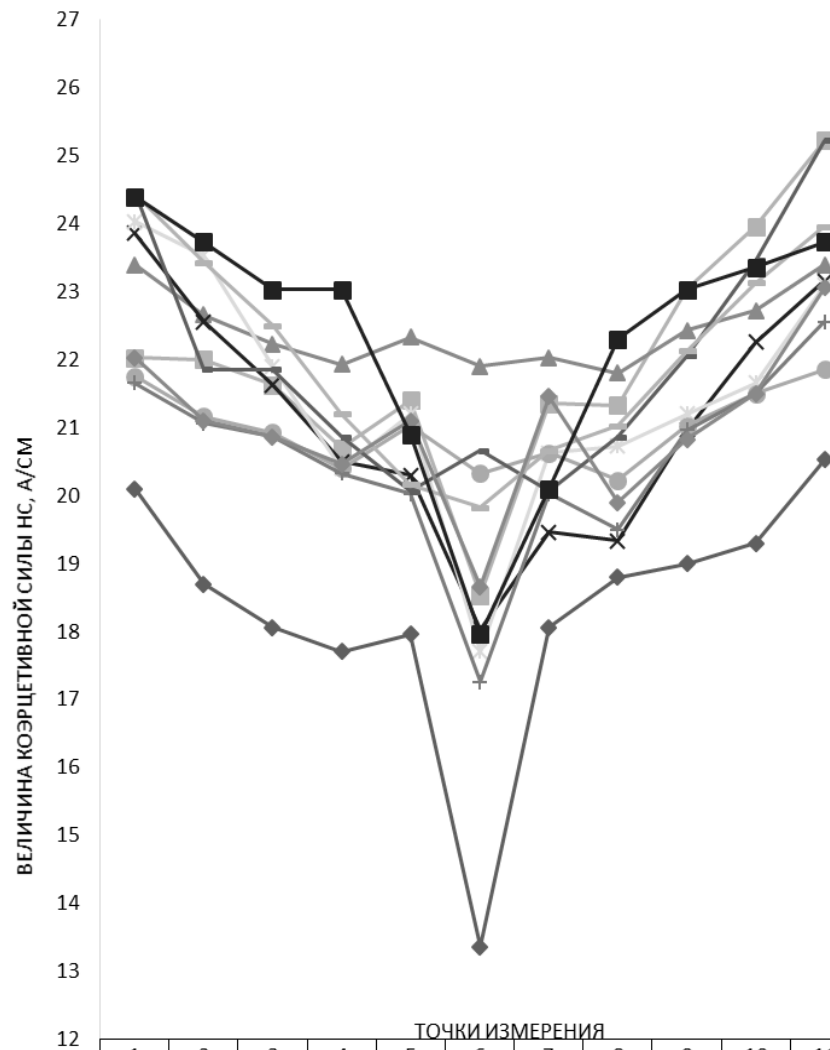


Рис. 6 - Изменение показаний коэрцитивной силы в зонах культиваторных лап фирмы OSMUNDSON (схема замеров приведена на рис. 2, а)

### Выводы

1. На основе выполненного анализе рекомендуется к использованию двух вариантов восстановления лап культиваторов. Первый способ, восстановление стрелчатых лап культиватора с использованием наплавки изношенного слоя сормайт-1 и последующим вибрационным упрочнением обеспечивает увеличение их жизненного цикла на 68%. Второй, применение угловых пластин или других элементов конструкции, компенсирующих износ, которые термоупрочнены и приварены к остову культиваторной лапы.

2. Динамика изменения коэрцитивной силы в зависимости от наработки указывает на структурную деградацию металла, несмотря на формируемые напряжения в области крыльев культиваторных лап фирмы OSMUNDSON. Разброс значений изменяется от 11,8 до 12,7 А/см, что указывает на хорошее качество металла и его штамповки. В анализируемых лапах фирмы CNH характерно некоторое снижение напряженного состояния на носке и возрастание – на крыльях. Это указывает на возникновение локальных напряжений в материале у крыльев и снижение их у носка при штамповке.



	ТОЧКИ ИЗМЕРЕНИЯ										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
◆ Новая культиваторная лапа	20,1	18,7	18,06	17,7	17,96	13,36	18,06	18,8	19	19,3	20,53
■ Изношенная культиваторная лапа №1	22,03	22	21,63	20,7	21,4	18,53	21,36	21,33	23,03	23,96	25,23
▲ Изношенная культиваторная лапа №2	23,4	22,66	22,23	21,93	22,33	21,9	22,03	21,8	22,43	22,72	23,4
✕ Изношенная культиваторная лапа №3	23,86	22,56	21,63	20,5	20,3	18,03	19,46	19,33	20,96	22,26	23,16
✱ Изношенная культиваторная лапа №4	24,03	23,53	21,9	20,4	21,2	17,7	20,63	20,73	21,2	21,66	23,1
● Изношенная культиваторная лапа №5	21,76	21,16	20,93	20,4	21,03	20,33	20,63	20,23	21,03	21,5	21,86
⊕ Изношенная культиваторная лапа №6	21,66	21,06	20,86	20,33	20,03	17,26	20,03	19,5	20,96	21,5	22,56
— Изношенная культиваторная лапа №7	24,46	21,86	21,86	20,86	20,06	20,66	20,06	20,86	22,06	23,46	25,23
— Изношенная культиваторная лапа №8	24,43	23,43	22,5	21,2	20,16	19,83	20,66	21,03	22,13	23,13	23,96
◆ Изношенная культиваторная лапа №9	22,03	21,1	20,86	20,46	21,1	18,66	21,46	19,9	20,83	21,5	23,06
■ Изношенная культиваторная лапа №10	24,4	23,73	23,03	23,03	20,9	17,96	20,1	22,3	23,03	23,36	23,73

Рис. 7 - Характер изменения коэфицивной силы в культиваторных лапах фирмы CNH до и после эксплуатации (схема замеров приведена на рис. 2, б)

### Литература

1. ГОСТ 23.2.164-87. Лапы и стойки культиваторов. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 01.07.88. – Дейст. до 2003 г. – Б.м., 1987. – 42 с.
2. Некрасов С.С. Технология сельскохозяйственного машиностроения: учебное пособие / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. - М.: Колос, 2004. - 360 с.
3. Северинов, М.М. Износ деталей сельскохозяйственной техники / М.М. Северинов. – Л.: Колос, 1972. – 288 с.
4. Ткачѳв В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачѳв. – М.: Машиностроение, 1971. – 264 с.
5. Нагорный Н.Н. Технология и технические средства почвозащитного контурного земледелия / Н.Н. Нагорный. – К.: Урожай, 1994. – 446 с.
6. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики / П.М. Заика. – К.: УСХА, 1992. – 509 с.
7. Подкатилов К.Е. Динамические исследования рабочих органов культиваторов повышенной прочности и износостойкости с нижним и верхним упрочнением твѳрдыми сплавами: авт. дисс. канд. тех. наук / К. Е. Подкатилов. – Ростов н/Д, 1989. – 21 с.
8. Семчук Г.И. Конструктивно-технологические характеристики культиваторных лап / Г.И. Семчук, А.А. Дудников, А.В. Мелешко, В.В. Гуленко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – 4/7(64). – С. 12-14.
9. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев. - М.: Машиностроение, 1981. - 264с.
10. Попов И.М. Перспективы и развитие конструкций почвообрабатывающих машин и орудий / И.М. Попов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1987. - №3. - С. 13-16.
11. Панченко А.Н. Аналитический метод определения тяговых сопротивлений почвообрабатывающих и землеройных машин и оценка их эффективности для энергосберегающих технологий / А.Н. Панченко, П. Штепа. - Днепрпетровск: ДГАУ, 1995. - 96с.
12. Ulllited States Patent US006119321A METHOD OF MAKING AN EARTH TILLING SWEEP FROM DISC SCRAP Douglas G. Bruce Date of Patent: Sep. 19, 2000.
13. Патент №2070363 Российская Федерация, МПК А01В 35/00. Стрельчатая лапа культиватора / Т.Ф. Ахметшин; заявитель и патентообладатель Ахметшин Т.Ф. - №94030020/15; заявл. 09.08.94; опубл. 20.12.96, Бюл. № 35. - 5 с.
14. Патент № 2527558 Российская Федерация, МПК В23Р 6/00 (2006.01) В23К 9/00 (2006.01) А01В 15/02 (2006.01). Способ упрочняющего восстановления стрельчатых лап культиваторов различного назначения / А.М. Михальченков; заявитель и патентообладатель Михальченков А.М. - №2013105923/02; заявл. 12.02.2013; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25. - 7 с.
15. Зайцев С.А. Теоретическое обоснование повышения износостойкости покрытия упрочненных лап культиватора газопламенным напылением механической смесью порошков / С.А Зайцев // Известия ОрелГТУ. Серия Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. - 2009. - №2/274(560). - С. 46-49.
16. Патент на полезную модель №2003107132/20 Российская Федерация, МПК А01В3/00 Почвообрабатывающее орудия. Опубл. 18.03.2003.
17. Патент № 2255452 Российская Федерация, МПК А01В35/20. Способ изготовления культиваторных лап / В.И. Маланин, П.Ф. Трофимов, А.А. Максимов, А.А. Максимов; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество Алтайский

- научно-исследовательский институт технологии машиностроения №2003106773/12; заявл. 11.03.2003; опубл. 20.12.2004, Бюл. № 19. 8 с.
18. Патент №2259267 Российская Федерация, В23Р15/00, В23К9/04.Способ производства лапы культиватора / Г.А. Вольферц, А.А. Максимов, П.Ф. Трофимов, А.А. Максимов; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество Алтайский научно-исследовательский институт технологии машиностроения № 2002125298/02; заявл. 23.09.2002; опубл. 27.08.2005, Бюл. № 13. 5 с.
19. Патент №2443523 Российская Федерация, МПК В23К9/04. Способ восстановления стрелчатых лап пропашных культиваторов почвообрабатывающих машин / Михальниченков А. М.; Миненко А. А.; заявитель и патентообладатель: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянская государственная сельскохозяйственная академия» - № 2010100444/02; заявл. 11.01.2010, опубл. 20.07.2011. Бюл. №15. - 6 с.
20. Патент №2443531 Российская Федерация: МПК В23Р 6/00, В23К 9/04 Способ восстановления рабочих элементов почвообрабатывающей техники, имеющих сложную пространственную геометрию износа / Н.М. Белоус, В.Е. Ториков, А.М. Михальченков, С. Н. Прудников; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Брянская государственная сельскохозяйственная академия». - № 2010102378/02; заявл. 25.01.2010; опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6. - 4 с.
21. Патент №2325256 Российская Федерация: МПК В23Р6/00. Способ восстановления лап культиваторов почвообрабатывающих машин / В.Н. Буйлов, И.В. Люляков, Н.П. Волосевич, В.М. Бойков, С.А. Пронин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО "Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова". - № 2006109888/02; заявл. 27.03.2006; опубл. 27.05.2008, Бюл. № 15.- 7 с.
22. Черновол М.И. Способы получения композиционных покрытий на деталях машин при их восстановлении наплавкой / М.И. Черновол, Е.К. Соловых, Варума Арифа // Труды Таврической государственной агротехнической академии. – Мелитополь: ТГАТА, 1999. - № 2., Т.7. – С.52-58.
23. Патент №100194 Україна, МПК (2015.01) В23Р 6/01. Спосіб відновлення спрацьованих стрілочатих культиваторних лап / А.Г.Пасюта, О.В.Тіхонов, І.М. Рибалко, та інш.; заявник та патентоутримувач А.Г. Пасюта. - №u2015 01510. заявл. 20.02.15.; опубл. 10.07.15., Бюл. № 13. – 3 с.
24. Берник П.С. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов / П.С. Берник, Л.В. Ярошенко. – Винница: ВГСХН, 1998. – 116 с.
25. Технология восстановления изношенных культиваторных лап типа MARATHON SERIES фирмы OSMUNDSON / Т.С. Скобло, А.В. Тихонов, И.Н. Рыбалко, С.Г. Карташов, А.В. Сайчук, И.В. Холкина // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві». – Харків, 2015. – Вип. 158. – С. 188-197.

## Summary

**Rybalko I., Tihonov A., Martynenko A., Saychuk A.** Analysis of stress state and the technological methods increased resource hoes of cultivators.

*Was rated by stress state of hoes in the process of their production on the level of coercive force. Was revealed bias in fixing workpieces during punching. Analyzed technological ways to*

*improve resource hoes and offered the best, which is welding of a corner of the plate, surfacing of the cutting edge powder Sormayt-1, followed by hardening of vibration deformation.*  
**Keywords:** Cultivator hoes, vibration deformation, stress, coercive force, resource, wear resistance

### References

1. GOST 23.2.164-87. Lapyi i stoyki kultivatorov. Obschie tehicheskie usloviya. – Vved. 01.07.88. – Deyst. do 2003 g. – B.m., 1987. – 42 s.
2. Nekrasov S.S. Tehnologiya selskohozyaystvennogo mashinostroeniya: uchebnoe posobie / S.S. Nekrasov, I.L. Prihodko, L.G. Bagramov. - M.: Kolos, 2004. - 360 s.
3. Severinov, M.M. Iznos detaley selskohozyaystvennoy tehniki / M.M. Severinov. – L.: Kolos, 1972. – 288 s.
4. Tkachyov V.N. Iznos i povyishenie dolgovechnosti detaley selskohozyaystvennykh mashin / V.N. Tkachyov. – M.: Mashinostroenie, 1971. – 264 s.
5. Nagornyiy N.N. Tehnologiya i tehicheskie sredstva pochvozaschitnogo konturnogo zemledeliya / N.N. Nagornyiy. – K.: Urozhay, 1994. – 446 s.
6. Zaika P.M. Izbrannyye zadachi zemledelcheskoy mehaniki / P.M. Zaika. – K.: USHA, 1992. – 509 s.
7. Podkatilov K.E. Dinamicheskie issledovaniya rabochih organov kultivatorov povyishennoy prochnosti i iznosostoykosti s nizhnim i verhnim uprochneniem tvorydyimi splavami: avt. diss. kand. teh. nauk / K. E. Podkatilov. – Rostov n/D, 1989. – 21 s.
8. Semchuk G.I. Konstruktivno-tehnologicheskie harakteristiki kultivatornykh lap / G.I. Semchuk, A.A. Dudnikov, A.V. Meleshko, V.V. Gulenko // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tehnologiy. – 2013. – 4/7(64). – S. 12-14.
9. Tkachev V.N. Iznos i povyishenie dolgovechnosti detaley selskohozyaystvennykh mashin / V.N. Tkachev. - M.: Mashinostroenie, 1981. - 264s.
10. Popov I.M. Perspektivy i razvitie konstruksiy pochvoobrabatyivayuschih mashin i orudiy / I.M. Popov // Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva. - 1987. - №3. - S. 13-16.
11. Panchenko A.N. Analiticheskiy metod opredeleniya tyagovykh soprotivleniy pochvoobrabatyivayuschih i zemleroynykh mashin i otsenka ih effektivnosti dlya energosberegayuschih tehnologiy / A.N. Panchenko, P. Shtepa. - Dnepropetrovsk: DGAU, 1995. - 96s.
12. Ullted States Patent US006119321A METHOD OF MAKING AN EARTH TILLING SWEEP FROM DISC SCRAP Douglas G. Bruce Date of Patent: Sep. 19, 2000.
13. Patent №2070363 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01V 35/00. Strelchataya lapa kultivatora / T.F. Ahmetshin; zayavitel i patentoobladatel Ahmetshin T.F. #94030020/15; zayavl. 09.08.94; opubl. 20.12.96, Byul. № 35. 5 s.
14. Patent №2527558 Rossiyskaya Federatsiya, MPK B23P 6/00 (2006.01) B23K 9/00 (2006.01) A01B 15/02 (2006.01). Sposob uprochnyayuschego vosstanovleniya strelchatykh lap kultivatorov razlichnogo naznacheniya / A.M. Mihalchenkov; zayavitel i patentoobladatel Mihalchenkov A.M. - №2013105923/02; zayavl. 12.02.2013; opubl. 10.09.2014, Byul. №25. - 7s.
15. Zaytsev S.A. Teoreticheskoe obosnovanie povyisheniya iznosostoykosti pokryitiya uprochnennykh lap kultivatora gazoplammennym napyileniem mehanicheskoy smesy poroshkov / S.A Zaytsev // Izvestiya OrelGTU. Seriya Fundamentalnyie i prikladnyie problemyi tehniki i tehnologii. - 2009. - №2/274(560). - S. 46-49.

16. Patent na poleznuyu model №2003107132/20 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01V3/00 Pochvoobrabatyivayuschee orudiya. Opubl. 18.03.2003.
17. Patent № 2255452 Rossiyskaya Federatsiya, MPK A01V35/20. Sposob izgotovleniya kultivatornyih lap / V.I. Malanin, P.F. Trofimov, A.A. Maksimov, A.A. Maksimov; zayavitel i patentoobladatel Otkryitoe aktsionernoe obschestvo Altayskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tehnologii mashinostroeniya. - №2003106773/12; zayavl. 11.03.2003; opubl. 20.12.2004, Byul. № 19. - 8 s.
18. Patent №2259267 Rossiyskaya Federatsiya, B23P15/00, B23K9/04.Sposob proizvodstva lapyi kultivatora / G.A. Volferts, A.A. Maksimov, P.F. Trofimov, A.A. Maksimov; zayavitel i patentoobladatel Otkryitoe aktsionernoe obschestvo Altayskiy nauchno-issledovatel'skiy institut tehnologii mashinostroeniya. - №2002125298/02; zayavl. 23.09.2002; opubl. 27.08.2005, Byul. № 13. - 5 s.
19. Patent №2443523 Rossiyskaya Federatsiya, MPK V23K9/04. Sposob vosstanovleniya strelchatyih lap propashnyih kultivatorov pochvoobrabatyivayuschih mashin / Mihalnichenkov A. M.; Minenko A. A.; zayavitel i patentoobladatel: Federalnoe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshogo professional'nogo obrazovaniya «Bryanskaya gosudarstvennaya selskohozyaystvennaya akademiya» - № 2010100444/02; zayavl. 11.01.2010, opubl. 20.07.2011. Byul. №15. - 6 s.
20. Patent №2443531 Rossiyskaya Federatsiya: MPK B23P 6/00, B23K 9/04 Sposob vosstanovleniya rabochih elementov pochvoobrabatyivayuschey tehniki, imeyuschih slozhnyuyu prostranstvennyuyu geometriyu iznosa / N.M. Belous, V.E. Torikov, A.M. Mihalchenkov, S. N. Prudnikov; zayavitel i patentoobladatel FGBOU VPO «Bryanskaya gosudarstvennaya selskohozyaystvennaya akademiya». - № 2010102378/02; zayavl. 25.01.2010; opubl. 27.02.2012, Byul. № 6.- 4 s.
21. Patent №2325256 Rossiyskaya Federatsiya: MPK B23P6/00. Sposob vosstanovleniya lap kultivatorov pochvoobrabatyivayuschih mashin / V.N. Buylov, I.V. Lyulyakov, N.P. Volosevich, V.M. Boykov, S.A. Pronin; zayavitel i patentoobladatel FGOU VPO "Saratovskiy gosudarstvennyy agrarniy universitet im. N.I. Vavilova". -№2006109888/02; zayavl. 27.03.2006; opubl. 27.05.2008, Byul. № 15.- 7 s.
22. Chernovol M.I. Sposobyi polucheniya kompozitsionnyih pokryitiy na detalyah mashin pri ih vosstanovlenii naplavkoy / M.I. Chernovol, E.K. Solovyih, Varuma Arifa // Trudy Tavricheskoy gosudarstvennoy agrotehnicheskoy akademii. – Melitopol: TGATA, 1999. - № 2., T.7. – S.52-58.
23. Patent №100194 Ukrayina, MPK (2015.01) B23P 6/01. Sposib vidnovlennya spratsovanih strilchatih kultivatornih lap / A.G.Pasyuta, O.V.Tihonov, I.M. Ribalko, ta insh.; zayavnik ta patentoutrimuvach A.G. Pasyuta. - №u2015 01510. zayavl. 20.02.15.; opubl. 10.07.15., Byul. № 13. – 3 s.
24. Bernik P.S. Vibratsionnyie tehnologicheskie mashinyi s prostranstvennyimi kolebaniyami rabochih organov / P.S. Bernik, L.V. Yaroshenko. – Vinnitsa: VGSHN, 1998. – 116 s.
25. Tehnologiya vosstanovleniya iznoshennyih kultivatornyih lap tipa MARATHON SERIES firmyi OSMUNDSON / T.S. Skoblo, A.V. Tihonov, I.N. Ryibalko, S.G. Kartashov, A.V. Saychuk, I.V. Holkina // Visnik HNTUSG im. P. Vasilenka «Resursozberigayuchi tehnologiyi, materiali ta obladnannya u remontnomu virobnitstvi». – Harkiv, 2015. – Vip. 158. – S. 188-197.