

УДК 631.312.021.3

## Износ цельнометаллических и составных лемехов

Д-р техн. наук А. М. МИХАЛЬЧЕНКОВ (ГОСНИТИ), канд. техн. наук И. В. КОЗАРЕН (Брянская ГСХА), инж. М. А. МИХАЛЬЧЕНКОВА (Брянский институт управления и бизнеса, mihalekm@yandex.ru)

**Аннотация.** Установлено, что ресурс лемехов российского производства регламентируется в основном лучевидным износом и истиранием заглабляющей части носка, ресурс же импортных деталей обусловлен износом режуще-лезвийной части остова. Некоторые виды износа односторонних долот могут быть устранены и не являются основанием для их выбраковки.

**Ключевые слова:** износ, цельнометаллические лемеха, составные лемеха, предельное состояние, остов лемеха, долото, восстановление, ресурс, дефект.

Из существующих разновидностей плужных лемехов наибольшее распространение получили долотообразные, у которых носовая часть выполнена в форме долота, что способствует улучшению таких показателей, как заглабляющая способность, тяговое сопротивление, агротехника вспашки [1]. Их изготавливают цельнометаллическими и составными.

Российское сельхозмашиностроение производит в основном цельнометаллические лемеха конструкции первой половины XX века (рис. 1, а). Их особенность заключается в наличии запаса металла с тыльной стороны ("магазина"), предназначенного для восполнения истертой заглабляющей части путем кузнечной оттяжки. Сегодня из-за изменившихся технической оснащённости сельского хозяйства (отсутствие сети кузниц) и условий эксплуатации (высокие скорости вспашки), а также улучшения качества материалов для подрезающих элементов плугов такой запас металла вряд ли необходим.

Лемеха же зарубежного производства, используемые в АПК России, как правило, представляют собой сборную конструкцию, состоящую из остова (рис. 1, б) и долота (рис. 2), скрепленных между собой болтовыми соединениями. Следует отметить, что зарубежные компании выпускают широкий спектр лемехов, но их конструктивному исполнению сообразуясь с нуждами потребителей, составами почв и агротехническими требованиями.

Наряду с конструктивными особенностями рассматриваемых изделий существует разница и в технологиях их изготовления. В деталях отечественного производства упрочняется только режуще-лезвийная часть наплавкой с тыльной стороны на ширину 25–30 мм слоя сормаита

твердостью до 54 HRC; твердость оставшейся области не превышает 25 HRC. Импортные изделия упрочняются термообработкой по всей площади до твердости 50 HRC [2]. Аналогичному воздействию подвергаются и долота. Однако в последнее время некоторые компании (напри-



Рис. 1. Лемеха в состоянии поставки:  
а — лемех отечественного производства; б — лемех Kverneland

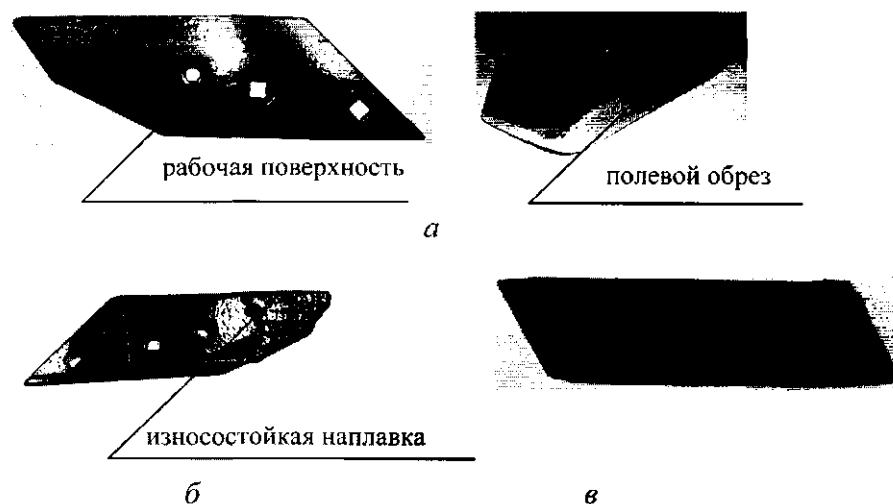


Рис. 2. Долота в состоянии поставки:  
а — одностороннее долото Lemken; б — то же с наплавкой режущей части с тыльной стороны; в — двустороннее долото Kverneland

мер Lemken) производят наплавку долот с тыльной стороны абразивно-стойким сплавом (см. рис. 2, б).

Долота отличаются по конструкции и делятся на односторонние (см. рис. 2, а, б) и двусторонние (см. рис. 2, в). Кроме того, толщина таких деталей, особенно в области полевого обреза, в ряде случаев превышает толщину остова лемеха (см. рис. 2, а).

Различия в конструкциях, технологических подходах к изготовлению и условиях эксплуатации накладывают отпечаток на специфику износа цельнометаллических и составных лемехов отечественного и зарубежного производства. Под спецификой понимается: а — месторасположение износа; б — его геометрическая форма. Эти факторы оказывают определяющее влияние на предельное состояние и выбор способа восстановления.

Изучению износа лемехов плужных корпусов посвящено большое количество работ, проводившихся в течение длительного периода [3, 4]. Такие исследования осуществлялись применительно к цельнометаллическим лемехам отечественного производства. Тем не менее подобные изыскания нельзя считать полностью завершенными. Работы же, направленные на изучение износа составных лемехов, весьма малочисленны, так как эти конструкции получили распространение только в последнее десятилетие [2].

В связи с этим вопрос об исследовании износа не утратил актуальность, особенно с точки зрения разработки оптимальных технологий повышения долговечности.

Представленные материалы получены в результате восьмилетних наблюдений за отечественными лемехами и пятилетних — за импортными, которые эксплуатировались на различных по составу почвах от легких супесей до тяжелых суглинков в юго-западном регионе Нечерноземья. Контролировались детали отечественного производства и зарубежных компаний Vogel & Noot, Kverneland, Lemken, Bellota.

В процессе наблюдений установлено, что цельнометаллические лемеха сохраняют работоспособность до невысокой наработки от 2 до 12 га, что подтвердило результаты, полу-

ченные другими исследователями. В свою очередь, аналогичный показатель для составных — от 20 до 60 га [2]. Столь существенная разница в ресурсах отечественных и импортных лемехов объясняется рядом причин:

1) использование сменных долот — двусторонних (см. рис. 2, в) либо упрочненных по всей режущей части абразивностойким сплавом (см. рис. 2, б), что позволяет полностью исчерпать ресурс остова;

2) термообработка по всему объему детали и на всю глубину до твердости 50 HRC, близкой к твердости сормаита;

3) у импортного лемеха ширина режущей части (60 мм) в два раза больше, чем у отечественного (30 мм);

4) увеличенная толщина как остова, так и долота, особенно одностороннего (см. рис. 2, а).

В то же время стоит отметить, что цена импортных изделий фирменного изготовления превышает цену отечественных в 8—9 раз.

Характерные виды износа цельнометаллических лемехов российского производства сведены в таблицу. Такие дефекты, как затупление лезвия, наличие затылочной фаски, не учитываются, так как не оказывают существенного влияния на качество вспашки и выбор метода реставрации. Оставлены без рассмотрения и приобретенные пороки в виде трещин, изломов, изгибов вследствие случайного характера их появления и крайне низкой повторяемости.

Изнашивание цельнометаллического лемеха по ширине нередко сопровождается перезатачиванием лезвийной части с наружной на тыльную из-за процесса самоорганиза-

ции износа (у деталей российского производства затачка осуществляется со стороны рабочей поверхности). Во избежание этого в отечественных лемехах используется эффект самозатачивания путем наплавки твердого сплава сормайт на тыльную сторону лезвия. Вопрос о затачке лемехов — тыльной или наружной — до сих пор остается открытым. Авторы поддерживают точку зрения об отсутствии необходимости какой-либо затачки, так как при вспашке происходит затачивание лезвия с наружной или тыльной стороны самой почвой в зависимости от ее гранулометрического состава. Большинство зарубежных фирм-изготовителей деталей почвообрабатывающих орудий такой операции не производит.

Отдельного рассмотрения требует механизм износа лезвия при наличии с тыльной стороны твердого слоя. Наблюдения позволили установить, что износ сопровождается образованием тонкой кромки на лезвии в связи с различной интенсивностью изнашивания основного металла и твердого покрытия. Последующая эксплуатация приводит к излому кромки, и процесс повторяется с определенной периодичностью. Таким образом, в этом случае имеет место изнашивание, сопровождающееся изломом предельно истончившейся части.

Износ отечественных лемехов по ширине менее 25 мм (предельный износ 30 мм) при вспашке супесчаных и суглинистых почв не ограничивает их возможности к возобновлению ресурса и позволяет производить не менее чем трехкратное восстановление с применением способа термоупрочненных элементов [5]. В этом случае производится периодическое приваривание долота взамен износившегося с соблюдением установленного техническими условиями соотношения остаточной ширины лемеха и вылета заглубляющей части.

Изнашивание лемеха по толщине исследовано в работах [5, 6], где установлено, что наибольшему износу подвержен носок лемеха, более чувствительный к изменению режима вспашки. Минимальная толщина присуща заглубляющей части, поскольку давление почвы на этом участке максимально. Износ по тол-

Износы плужного лемеха

Вид износа	Количество лемехов с износом, превышающим предельный, %
Износ по ширине	6
Износ по толщине	15
Износ полевого обреза	25
Износ пятки	25
Износ заглубляющей части	30
Лучевидный износ	84

шине — основной критерий выбраковки как отечественных, так и импортных лемехов. Остаточная толщина по техническим нормативам должна быть не менее 5 мм. Однако опыт использования восстановленных деталей позволяет утверждать, что при таком значении возможна эксплуатация на определенном типе почв. Более того, в СССР ряд районных ремонтно-технических предприятий изготавливал лемеха из проката толщиной от 4 до 7 мм, сообразуясь с местным составом почв, что не приводило к существенной потере ресурса, при этом имело место заметное снижение расхода топлива.

Износ полевого обреза встречается у 25 % лемехов российского производства после их снятия с эксплуатации (см. табл. и рис. 3, *в, г*). Причины этого явления кроются в значительном давлении почвы и высокой скорости скольжения абразивных частиц в данной области [3].

Подобный износ не может служить причиной выбраковки отечественного лемеха, достигнув величины, при которой его эксплуатация не представляется возможной по агротехническим требованиям. Применение метода замены долотообразной части на термоупрочненную путем приваривания позволяет существенно увеличить долговечность лемеха. Однако нельзя обойти стороной тот факт, что в последнее время из-за снижения уровня подготовки трактористов и специалистов инженерной службы часто допускается эксплуатация лемехов с величиной износа, значительно превышающей предельный (см. рис. 3, *г*), что недопустимо как с технической, так и с сельскохозяйственной точки зрения. В основе же появления дефекта такого типа лежит чрезмерное развитие лучевидной формы износа.

Износ пятки характерен для 28 % отечественных деталей и происходит менее интенсивно, чем износ носка (см. табл. и рис. 4, *б*). Давление в этой части лемеха при вспашке песчаной и супесчаной почв на глубину 18—20 см в 4—6 раз меньше, чем давление в области носка, однако оно превышает давление на режущую-лезвийную часть [3]. Немаловажную роль в образовании износа пятки играют вибрации (лемех в этом случае

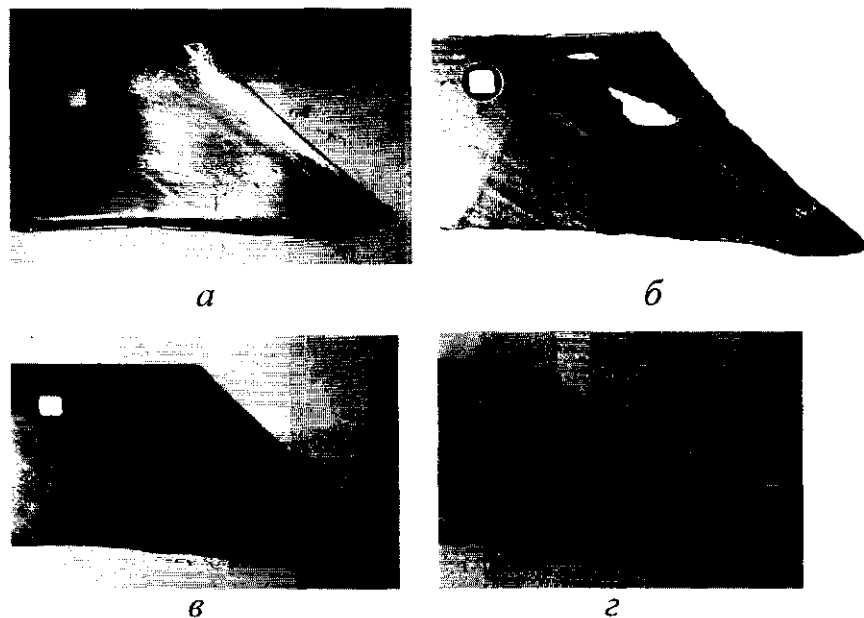


Рис. 3, *а—г*. Лучевидный износ



Рис. 4. Износ заглавляющей части носка (*а*) и пятки (*б*) лемеха в условиях супесчаных почв

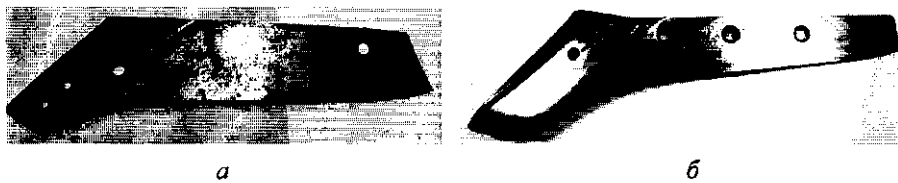
рассматривается как консоль) и неустойчивость хода плуга.

Довольно интенсивно у отечественных лемехов изнашивается заглавляющая часть носка. Такой дефект отмечается у 30 % деталей, работающих на почвах Нечерноземья России (см. табл. и рис. 4). Это связано прежде всего со сравнительно высоким давлением в данной зоне, превышающим давление на лезвие в 2 и более раз [3].

Согласно принятым агротехническим условиям, эксплуатация лемеха с износом заглавляющей области свыше 60 мм недопустима, поскольку заглавливание затруднено, вспашка неравномерна по глубине, увеличивается тяговое сопротивление, а следовательно, и расход топлива. Многолетний опыт позволяет говорить

о необходимости уменьшения этого значения. Предельный износ нижней зоны носка лемеха не должен превышать 45 мм, потому что уже при такой потере размера нарушаются устойчивость движения плуга и его заглавливающая способность, а также агротехнические условия (например крошение почвы). Учитывая, что сегодня вспашка в большинстве случаев производится многокорпусными плугами, чрезмерно высокий износ этой части приводит к необоснованным издержкам как с технической (интенсификация износов деталей агрегата), так и с экономической точки зрения (затраты на ремонт и энергоносители).

Лучевидный износ лемеха образуется в области, примыкающей к полевого обреза, и достигает 84 % у



**Рис. 5. Характерный износ режуще-лезвийной части импортных лемехов:**

*a* — лемех Kverneland; *б* — лемех Bellota

лемехов, поступивших на восстановление (см. табл. и рис. 3). Это наиболее часто встречающийся дефект для подрезающих элементов, эксплуатируемых на нечерноземных почвах России. Характерные геометрические параметры: ширина от 120 мм у спинки до 5 мм у носка; глубина — до сквозного протирания [7].

Столь высокий процент повторяемости такого износа говорит о его преобладающем влиянии на ресурс детали. Фактически другие износы по отношению к нему можно назвать сопутствующими. Образование этой геометрической формы носка объясняется тремя факторами: меньшей твердостью верхней части по сравнению с нижней (наличие слоя сормайта и влияние термообработки при его нанесении); "верным" перемещением почвенной массы [8]; ростом абразивности истирающей компоненты в связи с повышенной степенью ее крошения в области спинки. Остаточная толщина лемеха в зоне "луча" определяет дальнейшую эксплуатацию детали. Этот параметр остается фактически неизменным по средней линии "луча", так как изнашивающая способность почвы в районе заглубляющей части в сравнении с областью спинки невелика из-за ее комковатой структуры, хотя давление почвы здесь выше [7].

При анализе износа составных лемехов необходимо рассматривать остов и долото отдельно как две отличные друг от друга детали, входящие в конструкцию. Нужно отметить, что система силовых воздействий со стороны почвы на такой лемех столь же неравномерна, как и в случае с цельнометаллическим. (Все же есть попытки конструкторов более равномерно распределить давление грунта по площади рабочей поверхности, примером может служить лемех компании Kverneland,

имеющий весьма сложную пространственную геометрию.) Отсюда следует, что составному лемеху в определенной степени присущи те же износы, что и цельнометаллическому. Однако интенсивность их образования, степень влияния на работоспособность и выбор технологий восстановления значительно отличаются. Заметим, что при конструировании и изготовлении импортных лемехов влияние различной интенсивности изнашивания на отдельных участках на работоспособность детали в целом учтено в большей степени, чем у отечественных, хотя проблема и не решена окончательно. В частности, не удалось добиться равномерности детали по всему объему.

Имеют место следующие износы остовов составных лемехов: режуще-лезвийной части; пятки; по толщине; области крепления долота.

Ресурс остова регламентируется прежде всего интенсивностью изнашивания режущей области по ширине. Причем такой вид износа имеют 100 % деталей, снятых с эксплуатации (рис. 5, *a*, *б*), и он характерен для изделий всех вышеуказанных фирм. Отмечается, что его величина неодинакова по длине изношенной части. Так, в [9] указано, что в плоскости измерения, близкой к области крепления долота, он минимален (см. рис. 5, *б*). В то же время в ходе наблюдений замечено, что у некоторых изделий минимальные значения износов соответствуют примерно той части остова, где проходит сечение среднего крепежного отверстия (см. рис. 5, *a*). Неравномерность износа вызывает трудности технологического порядка при восстановлении. Например, при сваривании термоупрочненного компенсирующего элемента взамен предельно изношенной режущей части необходимо проводить выравнивание линии стыка.

Нельзя обойти вниманием тот факт, что ряд пользователей эксплуатирует лемеха до износа, несовместимого с агротехническими требованиями (рис. 5, *б*). Восстановление изделий с подобным износом сопряжено с дополнительными трудностями, а часто невозможно по причине недостаточной жесткости оставшегося металла, что приводит к нарушению пространственной геометрии реставрированной детали.

Износу остова по ширине сопутствует потеря размеров пятки, причем в большой степени. Аналогично износу режущей части подобный дефект имеют 100 % лемехов. Повышенная интенсивность изнашивания объясняется теми же факторами, что и для цельнометаллических лемехов: увеличенным давлением почвы в сравнении с лезвием, колебательными перемещениями самой детали и повышенным влиянием неравномерности хода плуга. Величина такого износа определяет ширину привариваемого компенсирующего элемента вставки [9].

Изменение толщины остова происходит от минимума к максимуму в области крепежа долота до пятки соответственно. При этом зона пятки имеет толщину, значение которой часто превышает предельное, т. е. составляет менее 5 мм. Поэтому при изготовлении и восстановлении необходимо обращать внимание на "усиление" этого участка для обеспечения равностойкости детали в целом. На основании таких исследований ГОСНИТИ совместно с Брянской ГСХА предложена технология восстановления, предусматривающая наплавку данной области абразивностойким сплавом с тыльной стороны [9]. Особое внимание следует уделять упрочняющему воздействию при повторном (неоднократном) восстановлении остова из-за высокой вероятности полного истирания этой части.

Нередко происходит истирание нижней части области крепления долота, включая и нижнее крепежное отверстие, что приводит к выбраковке лемеха. Причина появления такого дефекта кроется в халатном отношении к правилам пользования техникой. Безусловно, эксплуатация лемехов до приобретения данного порока недопустима, по-

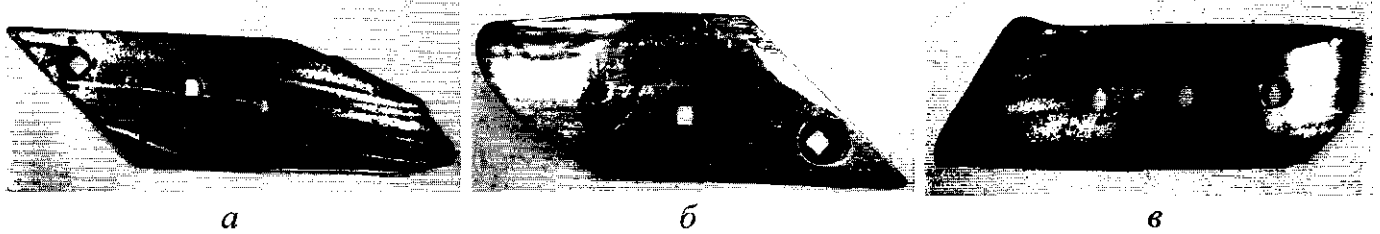


Рис. 6. Изношенные долота:

*а* — лучевидный износ долота Lemken; *б* — износ по толщине и режущей части долота Lemken; *в* — износ режуще-лезвийной части долота Bellota

сколькx работа плуга происходит с полностью изношенной режущей частью долота, что приводит к нарушению всех возможных технических, технологических и земледельческих факторов.

Долотам присущи износы: режуще-лезвийной части; лучевидный; полевой обрез; по толщине.

Общим для снятых с эксплуатации одно- и двусторонних долот всех фирм является полное истирание режуще-лезвийной части. Восстановление двусторонних долот с таким износом не производится, т. е. этот фактор определяет их предельное состояние. Односторонние долота с подобным дефектом восстанавливаются привариванием новой упрочненной режущей части в случае сохранения работоспособного состояния крепежа. Тем не менее он определяет возможность повторного использования изделия.

Как и в отечественных лемсах, у импортных долот образуется лучевидный износ. Особенно это характерно для односторонних долот, упрочненных наплавкой износостойкого сплава с тыльной стороны (рис. 6, *а*). Коэффициент повторяемости подобного вида износа для таких долот равен единице. Прежде всего это связано со значительным временем использования долота в одном положении в отличие от двустороннего. У двусторонних же долот такой износ если и прослеживается, то не ярко выражен по причине изменения их положения относительно вектора перемещения почвы. Лучевидный износ не считается основанием для выбраковки одностороннего долота и устраняется двухслойной наплавкой [7].

Заметное истирание полевой обрезки по большей части присуще

односторонним долотам производства компании Lemken (рис. 6, *б*) и обусловлено чрезмерно длительной эксплуатацией. Как правило, детали с наличием такого порока имеют всю совокупность износов в их предельном выражении и в большинстве случаев не пригодны к восстановлению.

Износ двусторонних долот по толщине не оказывает никакого влияния на их ресурс, так как работоспособность лимитируется опережающим истиранием режуще-лезвийной части с обеих сторон (рис. 6, *в*).

За весь период наблюдений появление трещин и изгибов у двусторонних долот не фиксировалось. Их отсутствие связано с большой толщиной детали, ее сравнительно небольшими габаритами, что обеспечивает значительную конструкционную прочность, и сменой режущей части путем оборота.

Длительная эксплуатация односторонних долот, когда наработка превышает 60 га, на супесчаных почвах, обладающих высокой изнашивающей способностью, приводит к такому уменьшению толщины долота, которое не исключает появления изгиба или излома.

Таким образом, предельное состояние отечественных и зарубежных лемсов определяется различными видами дефектов. Если ресурс лемсов российского производства регламентируется в основном лучевидным износом и истиранием заглабляющей части носка, то такой же показатель у импортных деталей обусловлен износом режуще-лезвийной части остова. В связи с этим при разработке технологий восстановления импортных изделий необходимы совершенно иные подходы.

Следует обратить внимание на то, что некоторые виды износа односторонних долот могут быть устранены и не являются основанием для их выбраковки.

#### Список литературы

1. Розенбаум А. Н., Тененбаум М. М. Оптимизация конструктивных параметров изнашивающихся деталей сельхозмашин // Тракторы и сельхозмашины. — 1973, № 7.
2. Якушенко Н. А. Специфика износов лемехов отечественного и европейского производства // Труды ГОСНИТИ. — М., 2013. — Т. 111, ч. 2.
3. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / М. М. Севернев и др. Под ред. М. М. Севернева. — Минск: Беларуская Навука, 2011.
4. Михальченко А. М., Попов А. П. Износ плужного лемеха при эксплуатации // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. — 2005, № 6.
5. Характер изменения толщины восстановленных и локально упрочненных лемехов при их эксплуатации / А. М. Михальченко и др. // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. — 2013, вып. 4, № 2.
6. Сидоров С. А., Сидоров А. И. Повышение ресурса почворежущих органов наплавочными сплавами // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2003, № 9.
7. Геометрические параметры лучевого износа лемехов / А. М. Михальченко и др. // Тракторы и сельхозмашины. — 2010, № 6.
8. Моделирование процесса износа корпуса плуга / С. Г. Мударисов и др. // Достижения науки и техники АПК. — 2006, № 5.
9. Влияние наплавочного армирования на изнашивание восстановленных лемехов компании Vogel & Noot / А. М. Михальченко и др. // Труды ГОСНИТИ. — М., 2013. — Т. 111, ч. 1.