

**Повышение надежности культиваторных лап
за счет упрочнения рабочих поверхностей на основе бионического подхода**

Ткаченко Г.А.¹, Синчук О.В.¹, Голдыбан В.В.², Ковальчук А.В.³

¹Белорусский государственный университет

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»

³Белорусский национальный технический университет

Важнейшим направлением совершенствования эксплуатационного уровня почвообрабатывающих машин является повышение ресурса их рабочих органов.

Номинальный пахотный фонд Беларуси составляет около 6 миллионов гектар. Основную часть пахотного фонда страны составляют тяжелые супеси (34 % от общей площади пахотных земель), легкие суглинки (25 %) и средние суглинки (27 %). Супесчаные почвы являются при этом наиболее изнашивающими, их коэффициент изнашивающей способности равен 1,7-2,2. Коэффициент изнашивающей способности легких суглинков составляет 1,4-2,0, для средних суглинков – 0,8-1,6 [1-3]. Поэтому почвообрабатывающие агрегаты работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания, особенно: лапа культиватора, лемех плуга, долото и др. Например, средняя наработка на отказ долотообразных лемехов колеблется от 5 до 20 га, лап культиваторов – от 7 до 18 га [1, 2].

В настоящее время для того, чтобы повысить износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин применяют: термическое упрочнение; наплавку с тыльной стороны лезвия износостойкими материалами (керамические и металлокерамические материалы, сормайт, ПГ-С27, ФБХ6-2 и др.) для реализации эффекта самозатачивания; совершенствование конструкции (изготовления дополнительных элементов быстро изнашиваемых элементов стрелчатых лап); комбинированные методы [3].

С учетом того, что культиваторные лапы почвообрабатывающей техники относятся к расходным элементам, необходимо для создания конкурентоспособной технологии повышения их долговечности сохранить минимальную себестоимость изготовления и упрочнения.

Лапы культиваторов изготавливают в основном из стали 65Г. Их ресурс, в зависимости от механического состава почвы, сравнительно не велик и составляет от 7 до 18 га [1, 2], средняя же рыночная цена достигает 45 рублей. Традиционно лапы культиваторов изготавливают из рессорно-пружинных сталей, подвергая объемной термической обработке на твердость 35-45 HRC. В современных условиях это не обеспечивает должного уровня надежности и долговечности, поэтому ресурс оказывается ниже западных аналогов в 1,5-2 раза и, как правило, не соответствует требованиям СТБ 1388-2003.

Технологию наплавки (газотермический метод, нагревом ТВЧ, наварка электродом и др.) с тыльной стороны лезвия износостойкими материалами для реализации эффекта самозатачивания можно охарактеризовать следующим.

Стоимость наплавочных материалов, как правило, повышает стоимость изделий в 1,2-1,5 раза. Следовательно, для сохранения конкурентной цены на деталь, необходимо в 1,8-2,2 раза повысить сопротивление поверхностей изделий абразивному изнашиванию, увеличить прочность и ударную вязкость. В работах [3-6] отмечено положительное влияние на повышение ресурса работы стрелчатых лап, упрочненных наплавкой. Однако такой способ упрочнения отличается непостоянством характеристик износостойкости на разных типах почв. При верхней наплавке – самозатачивание проявляется только на суглинистых, чернозёмных почвах. При наработке на почвах средней влажности – самозатачивание наблюдается только на песчаных и супесчаных почвах.

Совершенствование конструкции. В работе [4] на основании анализа существующих форм культиваторных лап была предложена модернизированная конструкция. Стрелчатая лапа культиватора выполнена сборно-разборной и состоит из носа, закрепленного к основе

лапы болтами крепления к стойке и двух лезвий, которые вставлены в пазы основы лапы и закреплены болтами крепления лезвий в основе лапы, рисунок 1. Накладные элементы изготовлены из стали 45, с твердостью 45-48 HRC.



Рисунок 1 [4]– Стрельчатая лапа с накладным элементом

Модернизированные изделия с накладной носовой частью после испытаний показали, что износ крыльев по ширине не значителен и составил в среднем 0,8-1,7 мм. Благодаря использованию накладной носовой части уменьшена нагрузка на крылья и их износ обусловлен только подрезанием сорных растений.

В последнее время в области земледельческой механики сформировалось новое научное направление, заключающееся в бионическом подходе к созданию сельскохозяйственных машин и рабочих органов.

Бионика – это научное направление, включающее биологию, физику, математику технические науки. Бионика ставит своей задачей использование принципов организации и функциональных схем биологических систем разного уровня при решении инженерно-технических задач (биоинспирирование).

На основании бионических моделей австрийская компания в 2019 году представила культиваторные лапы, в которых применена инновационная конструкция с эффектом «зуба бобра». Данное конструктивное решение позволяет за счет различной твердости на поверхности и внутренней кромке частей рабочих органов обеспечивать условие самозатачивания с сохранением оптимальной формы режущих элементов конечностей. Срок службы биоинспирированные культиваторных лап Boehlerit в пять раз превышает срок службы рабочих органов-аналогов [<https://www.boehlerit.com>].

В работах [5, 6] отмечено, что лезвия лемехов, упрочненные с использованием принципов бионики, обладают износостойкостью в 1,4-2,0 раза выше на многих типах почв по сравнению с наплавленными сормайттом, при этом удельное тяговое сопротивление плугов снижается до 30 %.

В работе [7] применен бионический подход к конструированию поверхности сверла для отбора горных пород. Поверхности сверла, рисунок 2, спроектировали с учетом особенностей головы почвенного животного, такого как навозный жук. Рабочие поверхности 1, скользящие по горной породе, представляли собой ямочную конструкцию, а поверхности 2 – представляли собой сферические выступы. Неровная поверхность сверла необходима, так как при движении жука в почве твердые частички не скользят, а катятся по куполу головы жука, что помогает уменьшить воздействие и истирание поверхности. При движении жука сферические выступы на поверхности уменьшают давление почвы. Благодаря такой неровной поверхности минимизируется площадь контакта абразивных частиц, что снижает силу трения и предотвращает застревание твердых частиц в верхнем слое покрытия.

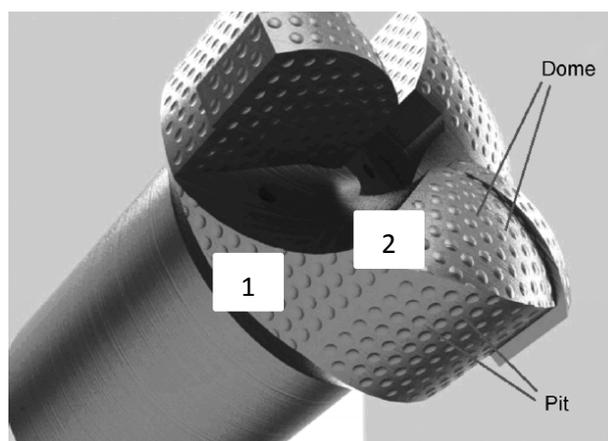


Рисунок 2 [7] – Вид сверла для обработки горных пород

Результаты экспериментов показывают, что бионическая конструкция сверла предотвращает залипание и значительно повышает износостойкость, при этом средняя скорость сверления увеличивается на 45%, а средняя скорость износа снижается на 23%.

Таким образом, бионический подход в конструировании поверхностей почвообрабатывающих инструментов и других изделий достаточно эффективен для снижения интенсивности истирания рабочих поверхностей при воздействии абразивных частиц.

На основании изложенного можно утверждать, что для создания новой прогрессивной технологии изготовления и упрочнения лап культиваторов следует в конструкции почвообрабатывающего органа предусмотреть накладные элементы (снизит нагрузку на крылья лап), руководствуясь бионическим подходом для формирования особого рельефа на поверхности трения (снижение трения в зоне контакта с почвой). Для повышения прочности, ударной вязкости и твердости рабочих органов почвообрабатывающих машин использовать термическую обработку.

Литература

1. Голдыбан, В.В. К разработке на основе элементов бионики антиадгезионных и антифрикционных поверхностей почвообрабатывающих машин / В.В. Голдыбан // Научно-технический прогресс в сельско-хоз. производстве: матер. Между нар. науч.-практ. конф., Минск, 18-20 октября 2017 г. / РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва»; редкол.: П.П. Казакевич,- Минск, 2017.-С. 298-306.
2. Константинов, В.М. Комплексное повышение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга / В.М. Константинов // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2014. - №12. – С. 12-19.
3. Макаренко А.Н. Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы агроинженерии в 21 веке». – п. Майский: ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2018. – 265-269 С.
4. Михальченко А.М., Феськов С.А., Якушенко Н.А. Восстановление стрелчатых лап // Сельский механизатор. -2014-С.36-37.
5. Лебедев А.Т., Износостойкость рабочих органов почвообрабатывающих машин [Текст] /Лебедев А.Т., Магомедов Р.А./ Сельский механизатор. 2011. № 10. С. 34-35.
6. Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК : сборник научных статей / под общей редакцией А.Т. Лебедева. – Ставрополь : АГРУС Ставропольского государственного аграрного университета, 2015. – 368 с.
7. Bionic surface design of cemented carbide drill bit SCIENCE CHINA Technological Sciences January 2016 Vol.59 No.1: 175–182