

УДК 631.316.022.4

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩЕЙ КРОМКИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПУТЕМ ОБРАБОТКИ ИХ ГЛУБОКИМ ХОЛОДОМ

Брусенцов Анатолий Сергеевич

канд. техн. наук, доцент

Author ID: 700969

SPIN – код: 8664-5403

ORSCID ID: 0009-0004-7933-3402

Scopus ID: 57300646400

Researcher ID: HHC-0668-2022

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия

Комплексная механизация всех отраслей сельского хозяйства, внедрение более мощных тяговых средств способствует переводу машинно-тракторных агрегатов на повышенные скорости работы. В свою очередь, повышение скорости сопровождается целым рядом нежелательных явлений, таких как рост динамических нагрузок, скорости абразивного износа рабочих органов, что ведет к быстрому износу рабочих органов, к снижению качества обработки, росту экономических затрат. Распространенным способом повышения износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов является наплавка рабочих поверхностей, оттяжка лезвий и др. Но подобные операции являются весьма трудоемкими, что и ведет к поиску новых решений

Ключевые слова: ПОЧВА, ИСХОДНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, АГРОЦЕНОЗ, РАБОЧИЙ ОРГАН, ИЗНОС-МЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, РАБОЧИЙ ОРГАН, СТРУКТУРА, РАСТИТЕЛЬНЫЕ ОСТАТКИ, ОБРАБОТКА ХОЛОДОМ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-194-004>

UDC 631.316.022.4

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

INCREASING THE STRENGTH OF THE CUTTING EDGE OF THE WORKING BODIES BY TREATING THEM WITH DEEP COLD

Brusentsov Anatoly Sergeevich

Cand.Tech.Sci., associate professor

Author ID: 700969

RSCI SPIN – code: 8664-5403

ORSCID ID: 0009-0004-7933-3402

Scopus ID: 57300646400

Researcher ID: HHC-0668-2022

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin", Krasnodar, Russia

The complex mechanization of all branches of agriculture, the introduction of more powerful traction means contributes to the transfer of machine-tractor units to increased work speeds. In turn, an increase in speed is accompanied by a number of undesirable phenomena, such as an increase in dynamic loads, the rate of abrasive wear of working organs, which leads to rapid wear of working organs, a decrease in the quality of processing, and an increase in economic costs. A common way to increase the wear resistance of tillage working bodies is surfacing of working surfaces, tightening of blades, etc. But such operations are very time-consuming, which leads to the search for new solutions

Keywords: SOIL, INITIAL REQUIREMENTS, AGROCENOSIS, WORKING BODY, WEAR-RECLAMATION MEASURES, WORKING BODY, STRUCTURE, PLANT RESIDUES, COLD TREATMENT

Введение. В Краснодарском крае имеется целый ряд предприятий, специализирующихся на выпуске сельскохозяйственных машин, рабочих органов к ним, продукция которых в той или иной степени охватывает по большому счёту весь спектр потребностей аграриев в механизации выполнения работ по подготовке почвы и агротехнике содержания земель сельскохозяйственного назначения. Многие поля в зависимости от культуры земледелия содержат корни, камни и другие посторонние предметы в почве, что может повредить и затупить рабочие органы сельскохозяйственных машин при их контакте в процессе предпосевной обработке [1]. Это особенно вероятно, если почва не была предварительно очищена или если рабочие органы недостаточно прочные.

По мере использования рабочих органов, режущая кромка затупляется. Износ может быть вызван трением о почву, особенно если она содержит абразивные частицы. Своевременная заточка и очистка рабочих органов помогают поддерживать их в рабочем состоянии. Неправильно установленные углы и глубина обработки также могут привести к затуплению режущей кромки особенно при безотвальной обработке почвы [2]. Недостаточная глубина может привести к избыточному трению, а неправильные углы могут вызвать неэффективное воздействие на почву и неравномерный износ наиболее подвержены рабочие органы, которые используются широком диапазоне почвообработки, например, универсальные [3]. Влажная и глинистая почва хорошо прилипает к рабочим органам, что также может вызвать затупление; такие почвы характерны для сада [4]. В таких условиях можно применять специальные смазки или антиприлипающие покрытия на рабочих органах. Нарушение регулировок культиватора может привести к его неэффективной работе и затуплению режущей кромки рабочих органов. Регулярная проверка и обслуживание оборудования важны для предотвращения этой проблемы. Для предотвращения затупления режущей кромки рабочих органов

культиватора важно следить за состоянием сельскохозяйственных орудий, правильно настраивать его перед работой, избегать посторонних материалов в почве и обеспечивать правильную глубину обработки сложность таких настроек возникает на комбинированных агрегатах т.к. рабочие органы имеют различные виды по характеру своей конструкции [5].

Существует проблема поиска инновационных технологий и разработки новых универсальных методов повышения надежности и износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов, способствующих сокращению времени простоев агрегата, вызванного техническими причинами обслуживания или замены рабочих органов, а также снижения эксплуатационных затрат.

Научная значимость и актуальность решения обозначенной проблемы заключается в том, что основная причина выхода из строя современных машин не поломка из-за недостаточной прочности их деталей, а износ трущихся элементов. Это особенно относится к деталям сельскохозяйственных машин, подверженных абразивному износу, то есть к рабочим органам почвообрабатывающих машин – лемехам, лапам культиваторов, дискам борон и др. Как правило, тяговое сопротивление рабочего органа определяют при его номинальных геометрических размерах, которые в процессе эксплуатации изменяются [6]. Изменение геометрических размеров в результате износа режущей кромки, приводит к ухудшению качества выполняемых операций, перерасходу горюче-смазочных материалов. Различные типы почвы имеют неодинаковое сопротивление и содержание абразивных частиц. Таким образом, выбор метода упрочнения должен зависеть от характеристик почвы. Например, для обработки глинистой почвы, которая может быстро изнашивать металлические детали, может потребоваться более прочная лапа или антикоррозионное покрытие. Если целью обработки является лишь

поверхностное разрыхление почвы, то более прочные и устойчивые лапы могут быть не так важны. Однако если требуется более глубокое воздействие, например, для лущения плужной почвы, то лапы должны быть более прочными и устойчивыми к износу.

Особенности сельскохозяйственных методов, такие как методы посева, могут влиять на выбор метода упрочнения. Например, если используется метод нулевого посева, где лапа сразу внедряет семена, она должна быть способной преодолевать сопротивление почвы и долго сохранять режущую кромку в рабочем состоянии.

Если культиватор будет использоваться в тяжелых условиях или в больших объемах, то выбор упрочнения должен учитывать устойчивость к износу и долговечность. Это может включать в себя выбор более прочных материалов или специальных покрытий.

Необходимо учесть бюджетные ограничения. Некоторые методы упрочнения могут быть более дорогими, чем другие, и не всегда оправданы, особенно для мелких фермеров или предприятий.

Также следует учитывать экологические аспекты, такие как использование экологически чистых материалов или методов, чтобы соблюдать стандарты экологической устойчивости. Таким образом, повышение надежности и износостойкости рабочих органов сельскохозяйственных машин актуально и имеет большое экономическое и агротехническое значение.

Новизной поставленной выше научной проблемы является получение зависимостей прочностных свойств поверхностей рабочих органов до и после обработки холодом; зависимостей между износом рабочих органов подверженных криогенной обработки и необработанных рабочих органов.

Материалы и методы. Выбор метода упрочнения рабочей поверхности культиваторной лапы должен зависеть от нескольких

ключевых факторов, включая условия эксплуатации, тип почвы и целей обработки. Важно провести анализ всех вышеперечисленных факторов и выбрать метод упрочнения, который наилучшим образом соответствует конкретным условиям и целям использования культиватора. Вот некоторые основания, которые могут помочь определить, какой метод упрочнения выбрать. Существует несколько альтернативных методов упрочнения металлической поверхности изделий, помимо холодной криогенной обработки, рассмотрим некоторые из них.

Термическое упрочнение (отжиг) включает, нагрев металла до определенной температуры, за которой следует его медленное охлаждение. Это может устранить внутренние напряжения и улучшить механические свойства металла. Термическое упрочнение может быть относительно дешевым методом и хорошо подходит для поверхностей сельскохозяйственных орудий. Он может улучшить прочность и износостойкость металла.

Цементация включает в себя введение углерода в поверхностный слой металла путем обработки в среде, богатой углеродом при высоких температурах. Это может быть использовано для увеличения твердости поверхности и устойчивости к износу.

Ионная имплантация включает в себя введение ионов в поверхностный слой металла, что может улучшить его механические и химические свойства.

Плазменное напыление позволяет наложить на поверхность лемеха или стрелчатой лапы пленку из износостойкого материала, что может улучшить его сопротивление износу и коррозии, увеличит его срок службы.

Химическое упрочнение включает химическую обработку поверхности металла с целью улучшения его химической стойкости и механических свойств.

Ультразвуковая обработка может использоваться для улучшения плотности и микроструктуры металла, что повышает его прочность.

Электрохимическая полировка улучшает поверхностную гладкость металла и может снизить его подверженность коррозии и износу.

Магнитопластическая обработка использует магнитное поле для улучшения механических свойств металла, включая его прочность и устойчивость к износу.

Применение специальных покрытий, таких как керамические или карбидные покрытия, может значительно повысить износостойкость.

Переход к использованию более прочных сплавов может быть эффективным способом повышения износостойкости рабочих органов. Например, обработка азотом может быть полезным методом упрочнения поверхности металлических деталей, включая рабочие органы сельскохозяйственных орудий, такие как лемехи плугов или стрельчатые лапы культиваторов. Существует несколько способов обработки азотом, которые могут улучшить механические свойства металла.

Азотное цементирование включает в себя обработку металла при высокой температуре в азотной атмосфере. Атомы азота проникают в поверхностный слой металла, что увеличивает его твердость и износостойкость.

Азотное закаливание в этом методе металл подвергается нагреву до определенной температуры, а затем охлаждается быстро в азотной среде. Это может увеличить прочность и твердость металла.

Ионная имплантация азота, процесс включающий в себя введение ионов азота в поверхностный слой металла. Он может улучшить износостойкость и химическую стойкость.

Азотная обработка в плазме, при которой металлические детали могут быть подвергнуты охлаждению в плазме, что улучшает их поверхностные свойства.

Преимущество обработки азотом включает увеличение твердости, износостойкости и химической стойкости поверхности металла.

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и применяется в зависимости от конкретных требований и характеристик изделия из металла. Выбор метода зависит от целей упрочнения, типа металла и условий эксплуатации изделия. Выбор наиболее выгодного способа упрочнения поверхности рабочих органов сельскохозяйственных орудий, таких как лемех плуга или стрельчатая лапа культиватора, зависит от ряда факторов, включая бюджет, тип металла, требования к прочности и износостойкости, а также доступные технологии. Наиболее выгодный способ зависит от бюджета и конкретных требований к конкретному рабочему органу. Часто используется комбинация нескольких методов для достижения оптимальных результатов. Важно провести анализ стоимости и преимущества для каждого конкретного случая.

Как уже говорилось ранее выбор конкретного метода и параметров обработки должен осуществляться с учетом типа металла, требований к конкретным рабочим органам и условий эксплуатации. Также важно учесть бюджетные ограничения и доступность необходимого оборудования и экспертизы для проведения азотной обработки.

Целью исследования является получение фундаментальных основ в процессе проведения исследований в виде зависимостей прочностных свойств поверхностей рабочих органов до и после криогенной обработки; зависимостей между износом рабочих органов подверженных обработки глубоким холодом и необработанных; зависимостей технико-экономических показателей при использовании в почвообрабатывающих агрегатах рабочих органов, подверженных обработке глубоким холодом.

Научной новизной исследований являются совокупность новых результатов поисковых исследований и обоснование способа повышения надежности и износостойкости дисковых почвообрабатывающих рабочих

органов; построение новых аналитических моделей и новых методик полевых исследований.

Предмет – технологические процессы обработки рабочих органов глубоким холодом, способы, режимы, параметры.

Объект – рабочие органы технических средств механизации почвообработки.

В качестве основных методов и подходов выполнения поставленной цели и задач является проведение исследований, основанных на анализе научно-технической литературы. Выполнение теоретических исследований с использованием классических положений механики твердого деформируемого тела, механики в области земледелия, законов математики, физики, материаловедения, начертательной геометрии и инженерной графики. Проведение экспериментальных исследований, руководствуясь актуальными методическими требованиями и стандартами. Экспериментальные исследования проводить в лабораторных и полевых условиях с использованием общепринятых и частных методик в соответствии с действующими ГОСТами, а также с использованием общепринятых методик планирования многофакторных экспериментов. Обработку экспериментальных данных проводить с использованием методов математической статистики, графоаналитическим методом и методом корреляционно-регрессионного и спектрального анализа с применением компьютерных программ.

Для повышения прочности, износостойкости деталей машин существует целая система хорошо разработанных методов: применение легирующих элементов в металлургии, дробеструйный наклеп, упрочнение обработки роликами, гидроструйный наклеп, термическая обработка, диффузионная металлизация, плазменное напыление, высокотемпературная термомеханическая обработка. Еще лучше повышает прочность ряда сталей термомеханико-магнитная обработка и

наплавка поверхности твердыми сплавами. Однако большинство из указанных методов весьма дорого и их применение связано с использованием сложного и дорогостоящего оборудования. Также в горнодобывающей промышленности известен более простой и дешевый способ термической обработки – способ обработки глубоким холодом для повышения износостойкости буров, зубьев экскаваторов и т.д. Сущность обработки закаленных сталей холодом заключается в том, что охлаждение в области отрицательных температур вызывает возобновление мартенситного превращения за счет нераспавшегося аустенита. Увеличение мартенсита повышает твердость, стабилизирует размеры. Для повышения износостойкости рабочих органов почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин предлагаем обрабатывать их глубоким холодом.

Учеными было установлено, что охлаждение до отрицательных температур закаленной стали вызывает дополнительное образование мартенсита из оставшегося аустенита, а это приводит к повышению твердости и износоустойчивости стали и восстановления предельных размеров.

Упрочнение поверхности изделий из металла с использованием холодной криогенной обработки – это процесс, который может улучшить механические свойства металла. Этот метод включает в себя охлаждение металла до экстремально низких температур, обычно до минус 196 градусов Цельсия (-321 градуса Фаренгейта), используя жидкий азот или другие криогенные жидкости.

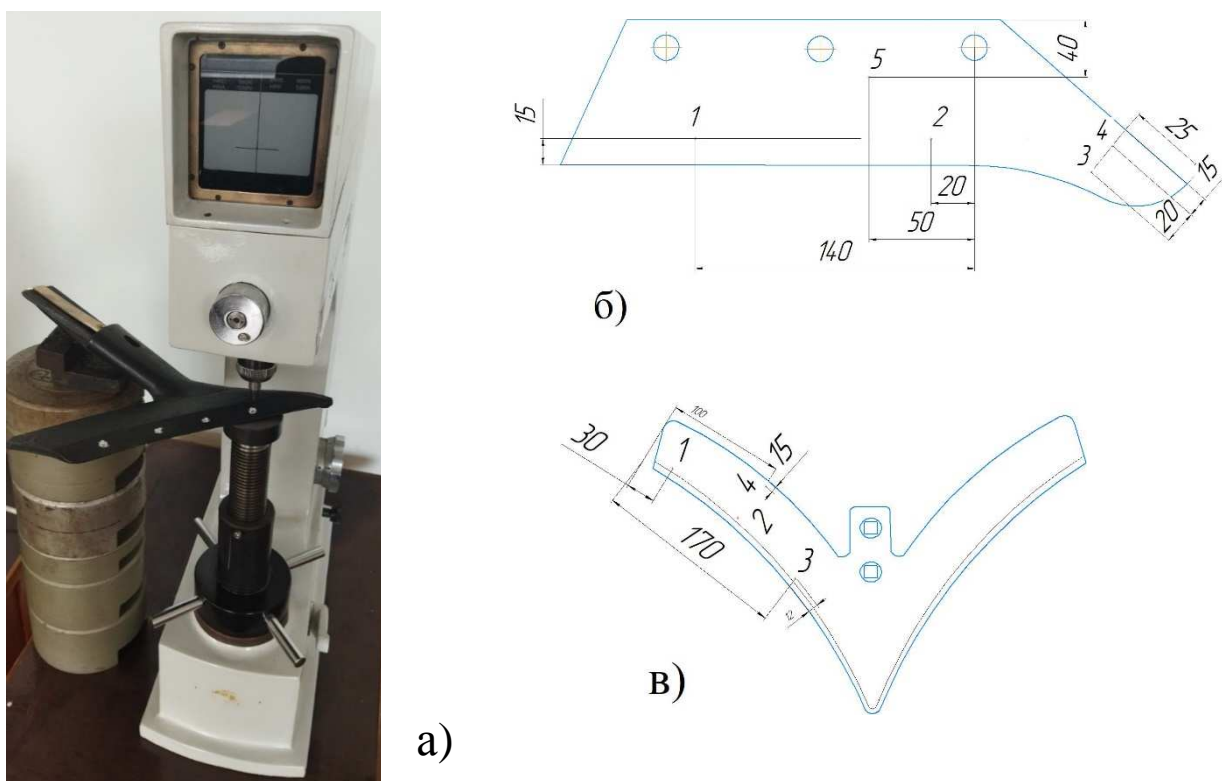
Преимущества упрочнения поверхности холодом криогеном, в увеличении прочности. Процесс криогенного упрочнения может увеличить механическую прочность металла, что делает его более стойким к износу и разрушению. Улучшение износостойкости металлических изделий, подвергнутых криогенной обработке, обычно способствует более долгому

сроку службы и могут лучше выдерживать трение и абразию. Снижение внутренних напряжений, криогенная обработка может снизить внутренние напряжения в металле, что уменьшает вероятность трещин и деформаций.

Криогенное упрочнение часто используется в авиации, машиностроении и спорте, где требуется высокая прочность и износостойкость. Этот метод также может быть полезен для улучшения свойств инструментов, включая ножи и сверла. Криогенное упрочнение может быть важным процессом в научных исследованиях и разработках новых материалов. Суть методики заключается в том, что металлическое изделие помещается в специальную камеру. Камера заполняется криогенной жидкостью, как правило, жидким азотом. Температура постепенно снижается до необходимых значений.

Металл выдерживается при низких температурах в течение определенного времени. Затем металл постепенно разогревается до комнатной температуры. Этот процесс может повторяться несколько раз для достижения желаемых результатов. Криогенное упрочнение может значительно улучшить свойства металла, делая его более прочным и долговечным.

Исследованиями было установлено, что обработка при низких температурах является одним из важных технологических способов повышения износоустойчивости деталей машин. В исследовании необходимо установить влияние на эффект охлаждения непрерывности обработки холодом или остановок с нагревом при комнатной температуре. Планируется проведение обработки холодом рабочих органов культиватора и лемехов плуга с целью повышения прочности их режущей части. Перед обработкой холодом необходимо провести испытания обрабатываемых поверхностей на твердость.



а) – исследование твердости НВ и HRC; б) – схема расположения точек определение твердости на лемехе; в) – схема расположения точек определение твердости на лапе культиваторе; 1,2,3,4,5 – точки в которых определяется твердость на лемехе и лапе культиватора после обработки жидким азотом.

Рисунок 1 – Лабораторные исследования твердости НВ и HRC

На начальном этапе исследования планируется проведение лабораторных испытаний, новая стрельчатая лапа и лемех плуга предварительно испытывалась в точках по кромке лезвия рабочего органа, как отмечено на рисунке. После снятия показаний твердости стрельчатая лапа помещалась в специальную ванночку, для доступа жидкого азота к нижней поверхности, стрельчатая лапа укладывалась на специальные деревянные прокладки. После установки стрельчатой лапы в ванночку заливали жидкий азот до полного покрытия рабочей части в таком положении выдерживали 20 минут до полного окончания охлаждения, а затем вынимали из ванны и постепенно нагревали при температуре +28...+30°С в течении 10 часов. Далее лезвие стрельчатой лапы подвергли

испытанию на твердомере в учебной лаборатории рисунок 1 а) твердомер Бринелля ТН600. Также нами был обработан долотообразный лемех плуга для повышения прочности и износостойкости. Новые лемеха (обработанный и контроль) предварительно испытывались на твердость в пяти точках рисунок 1 б). Две точки были взяты на носке долотообразного лемеха и одна – в верхней части тела лемеха, около отверстия для его крепления в корпусе плуга. После проверки твердости лемех размещался в специальной ванночке, для доступа жидкого азота к нижней поверхности лемех укладывался на подставки высотой 5мм. После помещения лемеха в ванночку заливали жидкий азот до полного покрытия верхней поверхности лемеха. В таком положении лемех выдерживали 20 минут до полного охлаждения, а затем вынимали из ванны и постепенно нагревали при температуре +28°С...+30°С в течении 10-12ч.

Результаты и их обсуждение.

На следующий день, обработанный жидким азотом лемех, был подвергнут испытанию на твердомере Бринелля ТН600, полученные результаты представлены в таблице 1. Из данных следует, что в результате обработки жидким азотом произошли изменения показателей твердости во всех пяти точках. Причем в точках, расположенных на носке, разница достигла 33%, на лезвии во второй точке 18%, в первой точке 17%. На верхней части лемеха разница достигла 13%. В местах, где была предварительно выполнена интенсивная термическая обработка, произошло существенное увеличение твердости и, следовательно, прочности материала. Последующие этапы работы заключаются в выборе способа и средства глубокого охлаждения поверхностей рабочих органов почвообрабатывающих машин, подготовка рабочих органов почвообрабатывающих машин к проведению испытаний, проведение полевых испытаний рабочих органов почвообрабатывающих машин,

оценка динамики износа обработанных и необработанных рабочих органов почвообрабатывающих машин.

Обработанный жидким азотом лемех и контрольный были поставлены рядом в средней части плуга ПН-5-35 в агрегате с трактором Т-150К. Плуг использовался в основном для вспашки полей под озимые культуры и на зябь. С июня по ноябрь плугом вспахано 300га, после чего все лемеха, кроме опытного, пришлось заменить. Так как они затупились. С наступление первых заморозков плугом вспахано ещё 83 га. За этот период у четырёх лемехов, кроме опытного отломались носки и их пришлось заменить.

Таблица 1 Твердость лезвия лемеха

№ точки	До обработки жидким азотом		После обработки жидким азотом	
	мм	НВ, кг/мм ²	мм	НВ, кг/мм ²
1	4,15	212	3,85	248
2	4,65	534	2,45	628
3	2,85	461	2,50	601
4	2,85	461	2,50	601
5	4,45	183	4,20	207

В результате лабораторных исследований было установлено, что лапы культиваторов после обработки их жидким азотом изменили твердость поверхности лезвий. Изменение твердости поверхности лезвия и тела для различных лапок культиватора характеризуются следующими опытными данными

Таблица 2 Твердость культиваторных лап, после обработки азотом

Наименование лапок	Твердость HRC, средняя			
	лезвие лапы		тело лапы	
	до обработки	после обработки	до обработки	после обработки
полольные правые 170мм	40,56	52,38	27,14	34,0
полольные левые 170мм	33,43	43,79	28,86	33,39
лапы бритвы правые 165мм	35,9	41,0	31,6	36,3
лапы бритвы левые 165мм	32,37	37	31,29	35,57
стрельчатые 230мм	34,2	52,2	37,2	39,6
стрельчатые 310мм	34,8	44,8	33,3	36,9

Анализируя данные таблицы можно сказать, что обработка жидким азотом повышает твердость поверхности лезвий и в меньшей степени твердости поверхности тела лапы. Такое явление, на наш взгляд, можно объяснить тем, что у лап культиваторов перед закалкой нагревают током высокой частоты только лезвие, а тело термически не обрабатывают. Увеличение твердости лезвий различных лап также отличается, например, лапы бритвы 165мм увеличили твердость 4,63–5,1HRC, а стрельчатые лапы 230мм и 310мм на 10–18 HRC. Такое отличие объясняется разным сортаментом сталей, из которых изготовлены лапы. Обработанные лапы культиватора проходили полевые испытания. В период испытания контрольные лапы регулярно осматривали, оценивая состояние. Обработанные жидким азотом лапы культиватора отработали сезон без замены, в то время как лапы без обработки жидким азотом пришлось сменить при наработке половины объема обработанных. Сравнивая отпечатки лезвий, обработанных жидким азотом и необработанных лап культиватора, была установлена существенная разница в износе.

Выводы.

Обработка рабочих органов плуга жидким азотом повышает твердость поверхности и в значительной степени износоустойчивость. Следует рекомендовать к более широкой производственной проверке метод обработки рабочих органов сельскохозяйственных машин глубоким холодом.

Обработку лап культиватора жидким азотом целесообразно выполнять непосредственно в мастерских хозяйствах или на заводе изготовителе.

Список использованных источников.

1. Патент № 2275782 С1 Российская Федерация, МПК А01С 7/00 (2006.01), А01В 49/06 (2006.01) Устройство для посева семян зерновых культур: № 2275782 : заявл. 12.11.2004 : опубл. 10.05.2006 / Медовник А. Н., Маслов Г. Г. Тарасенко Б. Ф., Чеботарёв М. И., Бугаёв С. В., Дробот В. А – 6 с. : ил. – Текст : непосредственный.
2. Патент № 2404558 С2 Российская Федерация, МПК А01В 35/00 (2006.01) Устройство для безотвальной обработки почвы: № 2404558: заявл. 11.01.2009; опубл. 27.11.2010 / Тарасенко Б. Ф., Медовник А.Н., Дробот В. А. [и др.]; – 5 с. : ил. – Текст : непосредственный.
3. Патент № 2564846 Российская Федерация, МПК А01В 49/02 (2006.01) Универсальное средство для обработки почвы: № 2564846: заявл. 12.08.2014; опубл. 10.10.2015 / Тарасенко Б. Ф., Шапиро Е. А., Черноиванов А. Г., Цыбулевский В. В., Дробот В. А., Дмитриев С. А., Дьяченко М. Н.; – 10 с. : ил. – Текст : непосредственный.
4. Примаков Н.В., Энергосберегающая технология подготовки почвы для закладки плодового сада / Примаков Н.В., Николенко А.Ю. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 183. – С. 234-242.
5. Tarasenko V. Research and development of a combined unit for tillage with a layer turnover / Tarasenko V., Drobot V., Troyanovskaya I., Orekhovskaya A., Voinash S., Sokolova V., Maksimovich K., Galimov R., Lopareva S. // Journal of Terramechanics. 2022. T. 99. С. 29-33.
6. Трубилин, Е. И. Силы сопротивления почвы при воздействии на нее горизонтально расположенного дискового рабочего органа / Е. И. Трубилин, В. А. Дробот. – Текст: электронный // Научный журнал КубГАУ. –2016. –№ 118(04). – С. 61-74. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/03/> (дата обращения 11.10.2023).

References

1. Patent № 2275782 C1 Rossijskaja Federacija, MPK A01C 7/00 (2006.01), A01B 49/06 (2006.01) Ustrojstvo dlja poseva semjan zernovyh kul'tur: № 2275782 : zajavl. 12.11.2004 : opubl. 10.05.2006 / Medovnik A. N., Maslov G. G. Tarasenko B. F., Chebotarjov M. I., Bugajov S. V., Drobot V. A – 6 s. : il. – Tekst : neposredstvennyj.

2. Patent № 2404558 C2 Rossijskaja Federacija, MPK A01B 35/00 (2006.01) Ustrojstvo dlja bezotval'noj obrabotki pochvy: № 2404558: zajavl. 11.01.2009; opubl. 27.11.2010 / Tarasenko B. F., Medovnik A.N., Drobot V. A. [i dr.]; – 5 s. : il. – Tekst : neposredstvennyj.

3. Patent № 2564846 Rossijskaja Federacija, MPK A01B 49/02 (2006.01) Universal'noe sredstvo dlja obrabotki pochvy: № 2564846: zajavl. 12.08.2014; opubl. 10.10.2015 / Tarasenko B. F., Shapiro E. A., Chernoiivanov A. G., Cybulevskij V. V., Drobot V. A., Dmitriev S. A., D'jachenko M. N.; – 10 s. : il. – Tekst : neposredstvennyj.

4. Primakov N.V., Jenergosberegajushhaja tehnologija podgotovki pochvy dlja zakladki plodovogo sada / Primakov N.V., Nikolenko A.Ju. // Politematicheskij setевой jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2022. – № 183. – S. 234-242.

5. Tarasenko B. Research and development of a combined unit for tillage with a layer turnover / Tarasenko B., Drobot V., Troyanovskaya I., Orekhovskaya A., Voinash S., Sokolova V., Maksimovich K., Galimov R., Lopareva S. // Journal of Terramechanics. 2022. T. 99. S. 29-33.

6. Trubilin, E. I. Sily soprotivlenija pochvy pri vozdeystvii na nee gorizonta'l'no raspolozhennogo diskovogo rabocheho organa / E. I. Trubilin, V. A. Drobot. – Tekst: jelektronnyj // Nauchnyj zhurnal KubGAU. –2016. –№ 118(04). – S. 61-74. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/03/> (data obrashhenija 11.10.2023).