

Перспективы увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников

Горобей В.П.^{1✉}, Москалевич В.Ю.², Лотуга Н.А.¹, Карпенко С.Н.³, Легостаев С.В.³

¹Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН, г. Ялта, Республика Крым, Россия;

²Агротехнологическая академия ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», п. Аграрное, Республика Крым, Россия;

³ООО «Качинский+», г. Севастополь, Россия.

✉Sector.simf23@yandex.ru

Аннотация. Исследования проводились сектором разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» совместно с кафедрой технических систем в агробизнесе Агротехнологической академии ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского» в полевых условиях ООО «Качинский+» с использованием общепринятых подходов и методов исследований почвообрабатывающих машин. Изучали увеличение технического ресурса культиваторных лап на культиваторе КНВ-3 с установленными синхронно базовыми тремя стрельчатыми лапами с дополнительной экспериментальной точечной наплавкой на рабочую поверхность лезвий, агрегатированным с трактором МТЗ-952 с июня 2023 г. по июнь 2024 г. Обработано около 630 га междурядий технических сортов винограда. Обоснована принципиальная возможность трёхкратного увеличения ресурса культиваторных лап износостойкой наплавкой в соответствии с предлагаемыми техническими решениями.

Ключевые слова: виноградники; междурядья; почва; культивация; лапа; параметры; технические решения; наплавка; износостойкость; ресурс.

Для цитирования: Горобей В.П., Москалевич В.Ю., Лотуга Н.А., Карпенко С.Н., Легостаев С.В. Перспективы увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников // «Магарач». Виноградарство и виноделие. 2024;26(4):349-356. EDN GQYAQC.

Prospects for increasing the technical life of cultivator sweeps when cultivating soil between rows in the vineyards

Gorobey V.P.^{1✉}, Moskaevich V.Yu.², Lotuga N.A.¹, Karpenko S.N.³, Legostaev S.V.³

¹All-Russian National Research Institute of Viticulture and Winemaking Magarach of the RAS, Yalta, Republic of Crimea, Russia;

²Agrotechnological Academy of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Agrarnoye village, Republic of Crimea, Russia;

³LLC Kachinskiy+, Sevastopol, Russia.

✉Sector.simf23@yandex.ru

Abstract. The research was carried out by the Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations of the FSBSI Institute Magarach of the RAS in cooperation with the Department of Technical Systems in Agribusiness of the Agrotechnological Academy of the FSBI HE CFU named after V.I. Vernadsky in the field conditions of LLC Kachinskiy+ using generally accepted approaches and methods to study the working parts of soil-cultivating machines. We studied the increase in the technical service life of cultivator sweeps on the KNV-3 cultivator with three pointed sweeps installed synchronously with the base one, with additional experimental point surfacing on the working surface of a double-sided knife, aggregated with the MTZ-952 tractor from June 2023 to June 2024. About 630 hectares of row spacing of wine grape varieties were processed. The possibility in principle of up to a threefold increase in the service life of cultivator sweeps using wear-resistant surfacing in accordance with the proposed technical solutions was substantiated.

Key words: vineyards; row spacing; soil; cultivation; sweep; parameters; technical solutions; surfacing; wear resistance; resource.

For citation: Gorobey V.P., Moskaevich V.Yu., Lotuga N.A., Karpenko S.N., Legostaev S.V. Prospects for increasing the technical life of cultivator sweeps when cultivating soil between rows of vineyards. Magarach. Viticulture and Winemaking. 2024;26(4):349-356. EDN GQYAQC (in Russian).

Введение

В целях обеспечения успешного развития виноградарства во всех регионах, где культивируется эта культура, для борьбы с сорной растительностью и сохранения влаги в почве в весенне-летний период осуществляется проведение 4–6 культиваций междурядий виноградников на разной глубине. Глубина культиваций зависит от степени увлажнения и засоленности почвы. При нормальных условиях увлаж-

нения, отсутствии сильных ветров, а также сильном развитии сорняков глубина культивации увеличивается до 10–12 см. Если весеннее чизелевание не было проведено, первая культивация должна быть глубиной 12–15 см, а последующие рыхления мелче: 12, 10, 8, 6 и 4 см [1].

Культиваторы для сплошной обработки почвы комплектуют полочными и рыхлительными лапами. Полочные лапы предназначены для уничтожения сорных растений в результате перерезания корней на глубине 6–10 см, а иногда на глубине 25 см. Ширина захвата стрельчатых лап не должна превышать

апробированных практикой размеров: для клейких глинистых почв – до 35 см, для супесчаных – до 45 см. Ширину крыла лапы делают уменьшающейся к концу. Минимальная ширина крыла – от 30 до 50 мм, максимальная – полторы величины минимальной [2].

Анализ развития мобильных энергетических средств (тракторов, комбайнов, автомобилей) свидетельствует о том, что при относительно высоком уровне совершенствования отдельных узлов и систем (двигателя, трансмиссии, гидравлического оборудования) их ходовая часть не претерпела существенных изменений, тяговые качества повышаются главным образом за счет увеличения их массы и в меньшей степени – благодаря совершенствованию сцепных качеств их ходовой системы. Ученые и специалисты основной причиной уплотнения почвы считают механическое воздействие ходовой системы тракторов, комбайнов, почвообрабатывающих машин, средств для внесения в почву удобрений и др. [3]. Для борьбы с чрезмерным уплотняющим воздействием на почву движителей сельскохозяйственных тракторов и машин было предложено и исследовано большое число конструктивных решений и технологических приемов [4–8].

К основным показателям, характеризующим уплотнение почвы, обычно относят объемную массу, порозность (общую капиллярную и некапиллярную) и твердость почвы. Из-под колес трактора влага уходит в боковые слои и больше не возвращается, поскольку значительная остаточная деформация по глубине увеличивает объем пор, занятых недоступной для растений влагой. Удельное сопротивление обработке на глубину 20–22 см по следам гусеничных и легких колесных тракторов выше на 12–25 % в сравнении с сопротивлением вне следов. Было установлено, что уплотнение почвы по следу трактора приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур на 5–40 % [3]. Многочисленные испытания серийных рабочих органов почвообрабатывающих машин показывают, что их долговечность не достаточна, они имеют ограниченный ресурс, который для лап культиваторов составляет 7–18 га [9].

На современном этапе развития техники растут требования к производительности машин, их экономичности и качеству работы. С этими требованиями наиболее тесно связаны задачи повышения износостойкости и долговечности режущих деталей – ножей. Режущая способность лезвия меняется в процессе его использования, поскольку вследствие износа меняется его острота и угол заточки. Непосредственная связь существует также между износостойкостью и долговечностью лезвия. Ущерб, наносимый низкой износостойкостью и долговечностью режущих элементов, зачастую неизмеримо выше стоимости их замены, что подчеркивает исключительную актуальность работ по повышению износостойкости и долговечности режущих элементов [10].

Упрочнение почвообрабатывающих рабочих органов, в последнее время, осуществляется как в серийном производстве, так и в специализированных

зарубежных фирмах. Установлено, что износостойкость упрочненных рабочих органов машин, эксплуатируемых в абразивной среде, увеличивается в среднем в 2,0–2,5 раза. Для защиты рабочих органов от износа при работе в высоко абразивной среде разрабатываются покрытия, увеличивающие срок службы изделий в два-три раза. В смесь таких покрытий включаются металлические порошки, карбиды и связующие вещества [11–14].

Известен ряд других технических решений для увеличения технического ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин [15, 16], в том числе за счет снижения интенсивности трения контактного слоя почвы, обладающего демпфирующей способностью в условиях ударных нагрузок при минимальных затратах на материалы и электроэнергию [17, 18], и распространения технологических методов увеличения ресурса рабочих органов машин, направленных на упрочнение их поверхностей без изменения конструкции [19–22].

Показано, что износостойкость лемехов, лап, дисков путем плазменной дуговой наплавки твердыми сплавами в среде сжатого воздуха увеличивается в 1,8–5 раз (в отдельных случаях до 7 раз), ресурс и прочностные характеристики повышаются до 1,5–1,8 раза [23]. Повышенную наработку до предельного состояния (32 га) имеют лемеха, подвергнутые точечному упрочнению с армированием в области вероятного лучевидного износа с увеличением стойкости электродами Т-590, что обусловлено высокой твердостью (58–62 HRC) поверхности наплавленного металла [24]. Вибродуговая наплавка с применением металлокерамики, позволяющая значительно повысить твердость и износостойкость рабочих органов, отмечалась как перспективный способ упрочнения и повышения ресурса лап культиваторов в 1,8–2,0 раза [13]. Для обеспечения долговечности и работоспособности стрельчатых культиваторных лап предложено их изготавливать из стали 65ХС вместо 65Г, а носовую часть упрочнять накладными элементами в виде брусков, что позволит повысить их ресурс по сравнению с простой наплавкой лезвийной части крыльев не менее чем в 2 раза. Предложено также для лап культиваторов в виде базового обоснованного по работоспособности и цене варианта в качестве материала основы – сталь 30ХГСА, а упрочняющего серийного твердого сплава – ПГФБХ-6-2 [9, 25]. Для упрочнения почвообрабатывающих ножей предложен перспективный способ, включающий нанесение на поверхность основания износостойкого материала, который наплавляют на рабочую поверхность двустороннего ножа валиками в форме попарно соприкасающихся окружностей диаметром, равным $\frac{3}{4}$ ширины ножа, центры которых располагают на общей линии, проходящей через середину ширины ножа [26, 27].

Цель исследования – повышение эффективности обработки междурядий виноградников путем увеличения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы, снижение энергетических затрат на культивацию, повышение производительности и экс-

платационной надежности машины при расширении технологических возможностей разноглубинной культивации почвы в весенний, осенний и вегетационный периоды.

Материалы и методы исследований

Исследования по увеличению технического ресурса культиваторных лап проводились на культиваторе КНВ-3 производства ООО «Завод «Полигон», предназначенном для обработки почвы на виноградниках с шириной междурядий до трех метров, расположенных на равнине и пологих склонах. КНВ-3 является усовершенствованной конструкцией одной из самых распространенных машин для культивации и рыхления почвы в междурядьях молодых и плодоносящих виноградников «Виноградарь» ПРВН-2,5А. Культиватор обеспечивает культивацию междурядий в том числе с межкустовой обработкой, а также возможно переоснащение культиватора малоэнергоёмкими рабочими органами для удаления холма в ряду. КНВ-3 агрегируется с тракторами класса 9–20 кН, оборудованными гидросистемой, производительность которой не менее 35 л/мин.

Основные технические характеристики КНВ-3:

- производительность за 1 час основного рабочего времени по операциям при обработке междурядий – 1,5–1,8 га/ч;
- рабочая скорость на операции культивации междурядий – до 7 км/ч;
- глубина обработки – 8–12 см;
- масса культиватора, конструктивная – 775 кг;
- обслуживающий персонал – 1 чел.

На раме культиватора с расстановкой семи рабочих органов (с одним впереди и по три боковые, образующие треугольники, обрабатывающие почву в междурядьях различного уплотнения) для междурядной обработки почвы в междурядьях виноградников, с раствором лап 400 мм, имеющих заводскую гладкую твердосплавную наплавку «сормайт» на лезвиях с верхней стороны и носка с нижней стороны были установлены три стрельчатые лапы (образующие треугольник) с дополнительной экспериментальной точечной наплавкой лезвийных поверхностей по предлагаемому способу [26, 27] прерывистой износостойкой наплавкой порошковой проволокой ПП-ЗСМ-022/1-Т(Н)-С-2,0 с помощью сварочного полуавтомата ПИОНЕР-5000 в среде углекислого газа с верхней стороны и носовой части с нижней стороны.

Культиватором, агрегированным с трактором МТЗ-952 и экспериментальной комплектацией рабочих органов для обработки междурядий виноградников ООО «Качинский+», полевые исследования проводились с 9 июня 2023 г. по 5 июня 2024 г. Обработано около 630 га технических сортов винограда. Произведена трехкратная культивация междурядий кв. 58 Пино черный – 49,4 га; кв. 102 Рислинг рейнский – 36,6 га и трехкратная культивация междурядий маточников подвойных лоз винограда – 86 га, в том числе:

- Кобер 5ББ клон М45; клон 114; клон М54;
- Феркаль клон 242;

- Польшен 1103 клон 768;
- СО4 клон Е1;
- Руджри 140 клон 265.

Условия проведения испытаний: почвы коричневые слабо- и среднеэродированные слабогалечниково-тяжелосуглинистые среднекаменистые на суглинисто-галечниковых отложениях с глубины 60–80 см; мощность гумусового горизонта составляет 30–40 см; влагопроницаемость почв повышенная, влагоёмкость низкая; степень каменистости почв средняя. По механическому составу, обусловленному двумя крайними фракциями частиц: глинистыми и щебнем, верхние горизонты коричневых почв отличаются определенной скелетностью: наличие крупного хряща и камней достигает здесь почти 20 %, а сумма крупнозема – до 35 %, а также по известным литературным данным исследователей являются лучшими почвами южного склона для культуры винограда.

Геометрические параметры культиваторных лап измеряли штангенциркулем, взвешивали – на весах DigiDS-788 и измеряли твердость их поверхности с помощью универсального твердомера NOVOTEST T, объемную массу (плотность) почвы определяли с помощью цилиндра по стандартной методике согласно ГОСТ 20915–2011.

Алгоритм обобщения данных, полученных в результате измерений размеров при наступлении предельного состояния по износу лап (расположенных на исходном треугольнике для сравнения), которое определялось согласно методике ВИСХОМ (Тененбаум М.М., Кауфман С.М. Методика установления предельных состояний рабочих органов почвообрабатывающих машин. М.: ВИСХОМ. 1985:1-33), а также деформационного показателя почвы, её твердости и плотности, выполнен и работает в табличном процессоре EXCEL с использованием математических выражений для расчёта интенсивности линейного и весового изнашивания.

Результаты и их обсуждение

Проверка эффективности способов повышения износостойкости и ресурса культиваторных лап, серийно изготавливаемых в заводских условиях и экспериментальных, доработанных по предлагаемым техническим решениям, проводилась при выполнении регламентных культиваций междурядий виноградных насаждений.

Деформационный показатель в обрабатываемых междурядьях маточников подвойных лоз (рис. 1, А) и плодоносящих виноградников (рис. 1, Б) составил соответственно $3,46 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$ и $4,75 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$. При этом значение деформационного показателя в зоне следов проходов энергетических средств в обрабатываемых междурядьях плодоносящих виноградников составило $2,07 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{Н}$. Установлены значения плотности почвы: в междурядьях маточников – $1,29 \text{ г/см}^3$, в междурядьях плодоносящих виноградников – $1,22 \text{ г/см}^3$ (рис. 1, В). Плотность почвы в зоне следов проходов энергетических средств в междурядьях виноградников составила $1,33 \text{ г/см}^3$.

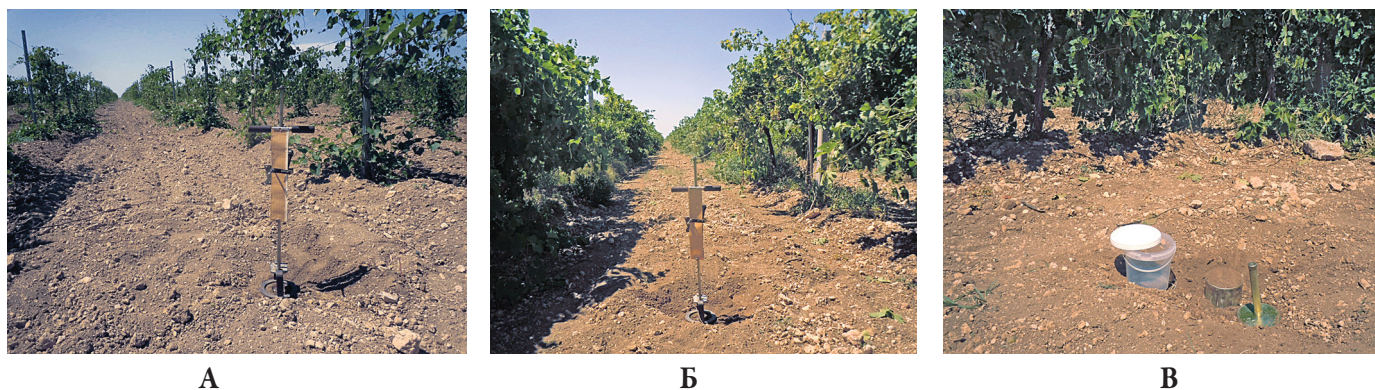


Рис. 1. Общий вид приборов для измерения деформационного показателя и твердости почв в междурядьях: А – для маточников подвойных лоз; Б – для плодоносящих виноградников; В – для плотности почв

Fig. 1. General view of the instruments for measuring the deformation index and soil strength between rows: a – for nurseries of rootstock vines; b – for fruit-bearing vineyards; c – for soil density



Рис. 2. Общий вид культиватора КНВ-3 в сборе, задействованного для изучения технического ресурса рабочих органов: А – вид спереди; Б – вид сбоку

Fig. 2. General view of the assembled KNV-3 cultivator, used to study the technical life of the working parts: a – front view; b – side view

По результатам измерений деформационного показателя почвы в междурядьях виноградников модифицированным прибором на базе твердомера Ю.Ю. Ревякина ниже взрыхленного слоя значение данного показателя в зоне следов проходов энергетических средств уменьшается более чем в 2,2 раза. Одновременно плотность почвы, рассчитанная по пробам, отобранным цилиндром в междурядьях виноградников по вышеприведенной схеме, свидетельствует о её увеличении в зоне следов проходов энергетических средств.

Испытания лап выполняли на культиваторе КНВ-3, общий вид которого представлен на рис. 2.

Схема установки рабочих органов культиватора КНВ-3, расположенных в три ряда, в том числе шести исследуемых, задействованных для обработки уплотненной почвы по следам колес трактора, из них по три базовых и экспериментальных, установленных позади передней в форме треугольника: по лапе Л1Б и Л1Э во втором ряду и по две – в третьем Л2Б, Л3Б и Л1Э, Л2Э (рис. 3).

Упрочняющая наплавка на поверхность лезвий

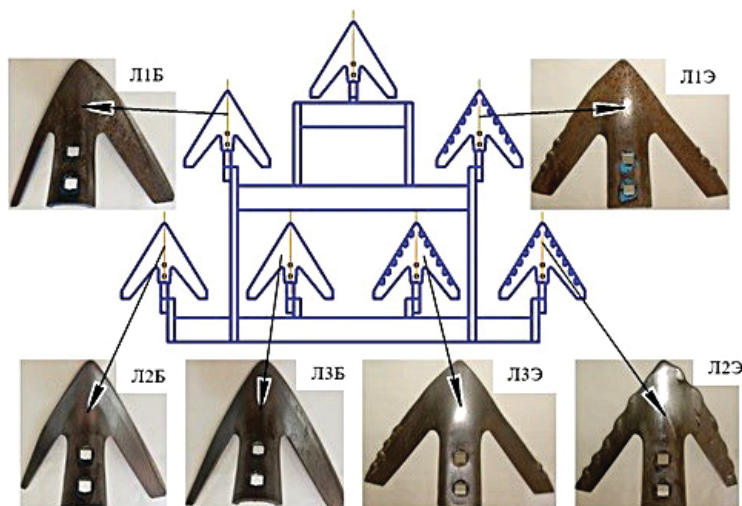


Рис. 3. Схема синхронной расстановки базовых и экспериментальных (с точечной наплавкой) лап на раме культиватора КНВ-3, совмещенная с общим видом исследуемых лап по результатам испытаний

Fig. 3. Scheme of synchronous spacing of basic and experimental sweeps (with point surfacing) on the frame of the KNV-3 cultivator, combined with a general view of the sweeps under study based on test results

исходных лап для установки культиватора по схеме в соответствии с рис. 3 выполнена по вышеописанной

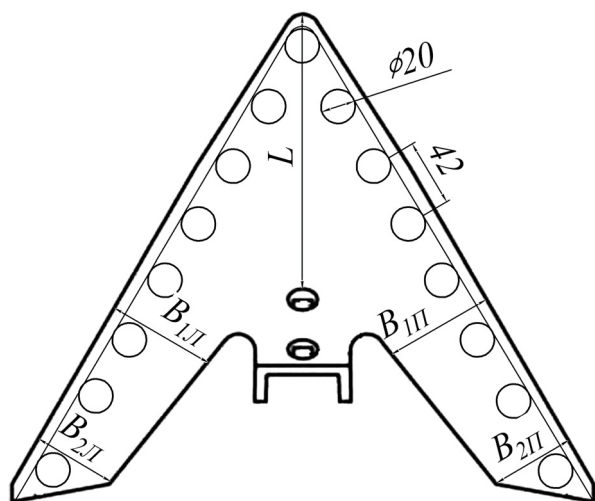


Рис. 4. Схема определения расчетных параметров лап, установленных на КНВ-3 для экспериментальных исследований

Fig. 4. Scheme for determining the design parameters of sweeps installed on the KNV-3 for experimental studies

методике. В соответствии с рис. 4 наплавленные элементы диаметром 20 мм расположены вдоль режущих кромок лезвий с шагом 42 мм. Измерения значений твердости рабочих поверхностей лап показали: элементов износостойкой наплавки на экспериментальных лапах 59,0–60,5 HRC, лезвий крыльев базовых лап с наплавкой слоя «сормайт» 57–58 HRC, основного материала базовых лап 35–37 HRC.

Экспериментальные лапы выводились из эксплуатации одновременно с установленной синхронно ей базовой лапой, пришедшей в состояние предельной изношенности. В производственной практике культивации междурядий виноградников замену лап осуществляют при уменьшении ширины крыла до 20 мм. Более детальные результаты физических параметров исследуемых лап получали соответственно схеме, приведенной на рис. 4.

Для характеристики процесса изнашивания сравниваемых культиваторных лап определяли показатели интенсивности их весового и линейного изнашивания. Установленные параметры исходной (базовой) лапы составили: ширина захвата 400 мм, расстояние L от переднего крепёжного отверстия до крайней передней точки носка лапы 195 мм, ширина крыльев лапы у основания $V_1=65$ мм, в оконечности $V_2=50$ мм, масса лапы $M=3050$ г.

Измеренные значения параметров исследуемых лап (рис. 3), снятых по состоянию износа на замену:

– расстояние L: первой базовой лапы (Л1Б) – 125 мм, второй базовой лапы (Л2Б) – 138 мм, третьей базовой лапы (Л3Б) – 131 мм, первой экспериментальной лапы (Л1Э) – 133 мм, второй экспериментальной лапы (Л2Э) – 133 мм, третьей экспериментальной лапы (Л3Э) – 128 мм;

– ширина крыльев: левого у основания – $V_{1Л}$, левого у оконечности – $V_{2Л}$, правого у основания – $V_{1П}$, правого у оконечности – $V_{2П}$, в том числе:

– базовых лап:

(Л1Б) $V_{1Л}=18$ мм, $V_{1П}=51$ мм, $V_{2Л}=17$,

$V_{2П}=48$ мм,

(Л2Б) $V_{1Л}=33$ мм, $V_{1П}=47$ мм, $V_{2Л}=17$ мм,

$V_{2П}=47$ мм,

(Л3Б) $V_{1Л}=27$ мм, $V_{1П}=47$ мм, $V_{2Л}=17$ мм,

$V_{2П}=42$ мм;

– экспериментальных лап:

(Л1Э) $V_{1Л}=53$ мм, $V_{1П}=35$ мм, $V_{2Л}=48$ мм, $V_{2П}=43$ мм,

(Л2Э) $V_{1Л}=45$ мм, $V_{1П}=37$ мм, $V_{2Л}=38$ мм, $V_{2П}=35$ мм,

(Л3Э) $V_{1Л}=48$ мм, $V_{1П}=33$ мм, $V_{2Л}=45$ мм, $V_{2П}=41$ мм;

– масса M исследуемых лап:

Л1Б – 1840 г, Л2Б – 2004 г, Л3Б – 1842 г,

Л1Э – 2174 г, Л2Э – 1920 г, Л3Э – 1960 г

Обобщение полученных в ходе исследований значений вышеперечисленных параметров для определения технического ресурса культиваторных лап при обработке почвы в междурядьях виноградников выполнялось в следующем порядке. В связи со сложностью практического применения теоретических зависимостей, приведенных в специальных фундаментальных исследованиях [9, 23], по конструктивным параметрам исследуемых лап и физико-механическим свойствам почвы для однозначной интерпретации износостойкости рабочих органов использован эмпирический метод определения их технического ресурса.

Среднюю величину остаточного ресурса культиваторной лапы можно определить по формуле [28]:

$$\bar{T}_{\text{ост}} = \frac{U_{\text{пр}} - U_{\text{изм}}}{\bar{V}_{\text{и}}},$$

где $\bar{T}_{\text{ост}}$ – средняя величина остаточного ресурса культиваторной лапы; $U_{\text{пр}}$ – предельная величина износа культиваторной лапы, при которой проводится её выбраковка; $U_{\text{изм}}$ – величина износа культиваторной лапы к моменту измерения; $\bar{V}_{\text{и}}$ – средняя скорость изнашивания культиваторных лап.

По разнице соответствующих размеров и масс исходных и изношенных лап вычисляли величины, соответственно их линейного и весового износа. Среднюю интенсивность линейного изнашивания лап по ширине крыльев определяли делением величины линейного износа в миллиметрах на значение наработки лапы в гектарах. Аналогично среднюю интенсивность изнашивания лап по массе находили делением износа по массе на значение наработки лапы в гектарах.

Предельное состояние базовых лап, установленных в крайних левом и правом положениях во втором ряду культиватора, наступило при наработке культиватором 60 га, установленных в крайних левом и правом положениях на втором ряду культиватора – при наработке культиватором 195 га, установленных в средних положениях в третьем ряду культиватора – при расчётной наработке культиватором 600 га, что в пересчёте на одну лапу составило 8,57, 27,85 и 85,71 га соответственно.

Во всех базовых лапах (Л1Б), (Л2Б), (Л3Б), установленных за левым колесом трактора, на момент вы-

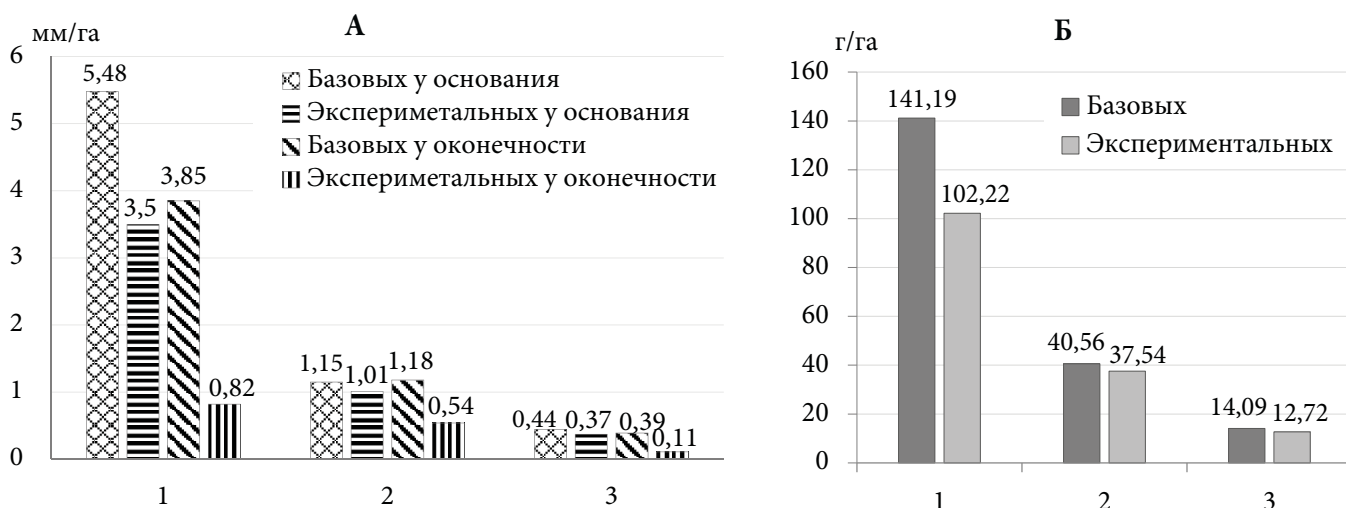


Рис. 5. Диаграммы: А – средняя интенсивность линейного изнашивания лап по ширине крыльев, Б – средняя интенсивность изнашивания лап по массе; 1 – во втором ряду; 2 – крайние в третьем ряду; 3 – средние в третьем ряду культиватора

Fig. 5. Diagrams: a – average intensity of linear wear of sweeps along the width of the wings, b – average wear intensity of sweeps by weight; 1 – in the second row; 2 – extreme ones in the third row; 3 – middle ones in the third row of the cultivator

браковки ширина у окончания левого крыла достигла 17 мм, а правого крыла – 48, 47, 42 мм соответственно. При этом на экспериментальных лапах (Л1Э), (Л2Э), (Л3Э), установленных за правым колесом трактора ширина крыльев в аналогичных зонах составила: левого – 48, 38, 45 мм, правого – 43, 35, 41 мм.

При расчете ресурса культиваторных лап среднюю скорость их изнашивания определяли по формуле [28]:

$$\bar{V}_и = \frac{U_{изм}}{t_{изм}}$$

где $\bar{V}_и$ – средняя скорость изнашивания культиваторных лап; $U_{изм}$ – величина износа культиваторной лапы к моменту измерения; $t_{изм}$ – наработка лапы до момента измерения износа.

По результатам измерений и расчетов построены диаграммы средней интенсивности линейного изнашивания лап по ширине крыльев и средней интенсивности изнашивания лап по массе (рис. 5).

Из приведенных на рис. 5 диаграмм видно, что наибольшая интенсивность изнашивания наблюдается у лап, установленных во втором ряду культиватора за колёсами трактора, что объясняется тем, что эти лапы работают в уплотненной почве, значение деформационного показателя которой, как было установлено, в 2,2 раза отличается от его значения в середине междурядья. При этом крылья экспериментальных лапы имеют большую по сравнению с базовыми лапами износостойкость: у основания – в 1,57 раз, у окончания – в 4,7 раз. Интенсивность изнашивания по массе экспериментальных лап в 1,38 раза меньше, чем базовых.

Выводы

Согласно полученным результатам исследований, на момент выбраковки в результате износа культиваторных лап ширина у окончания наиболее износившихся крыльев экспериментальных лап в среднем в 2,56 раза превышала ширину крыльев базовых лап,

работающих в аналогичных по плотности почвы условиях. Поскольку при этом уменьшение ресурса экспериментальных лап составило не более 30 % от его исходного значения, то, принимая во внимание линейную зависимость величины износа культиваторных лап от их наработки, можно констатировать принципиальную возможность увеличения до трех раз ресурса культиваторных лап износостойкой наплавкой в соответствии с предлагаемыми техническими решениями.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

Список литературы

1. Алиев Г.А., Баширов Ф.Б., Благодрагов П.П., Гукасов А.И., Захарова Е.И. Книга виноградаря. М.: Сельхозгиз. 1959:1-631.
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроение. 1977:1-328.
3. Черепанов Г.Г., Чудиновских В.М. Уплотнение пахотных почв и пути его устранения. М.: ВНИИТЭИагропром. 1987:1-58.
4. Шило И.Н., Романюк Н.Н., Крук И.С., Орда А.Н., Галимов Р.Р., Максимович К.Ю., Войнаш С.А., Лучинович А.А. Влияние параметров ходовых систем колесных машин на изменение плотности почвы // Тракторы и сельхозмашины. 2021;88(5):30-37. DOI 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37.
5. Гайнуллин И.А. Экспериментальное исследование влияния скорости движения гусеничного трактора на уплотнение почвы // Международный научно-исследовательский журнал. 2017;3-4(57):29-31. DOI 10.23670/IRJ.2017.57.021.
6. Золотаревская Д.И. Исследование и расчет уплотнения почвы при работе и после остановки колесного трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2016;8:33-38.

7. Романюк Н.Н., Крук И.С., Орда А.Н., Шкляревич В.А., Ракова Н.Л., Воробей А.С. Влияние ходовых систем тракторов на уплотнение почвы // *Агропанорама*. 2024;1(161):2-7. DOI 10.56619/2078-7138-2024-161-1-2-7.
8. Сыромятников Ю.Н. Пути снижения удельного давления колесных движителей на почву // *Сельское хозяйство*. 2017;4:95-103. DOI 10.7256/2453-8809.2017.4.26797.
9. Новиков В.С., Петровский Д.И. Повышение долговечности стрельчатых лап культиваторов // *Вестник ФГОУВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина»*. 2017;4(80):49-55.
10. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: Машиностроение. 1975:1-311.
11. Измайлов А.Ю., Сидоров С.А., Лобачевский Я.П., Хорoshenkov В.К., Кудря А.В. Повышение технических характеристик рабочих органов сельскохозяйственных машин // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2016;4:58-60.
12. Лялякин В.П., Соловьев С.А., Аулов В.Н. Состояние и перспектива упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами // *Труды ГОСНИТИ*. 2014;115:96-104.
13. Титов Н.В., Виноградов В.В., Петриков И.А. Повышение ресурса лап культиваторов вибродуговой наплавкой с применением металлокерамики // *Агротехника и энергообеспечение*. 2014;1(1):322-327.
14. Титов Н.В., Петриков И.А., Кондрахин Н.А. Применение метода карбовибродугового упрочнения для повышения ресурса рабочих органов почвообрабатывающих машин // *Агротехника и энергообеспечение*. 2015;1(5):130-137.
15. Евсюков А.И., Березин М.А. Упрочнение рабочих органов сельскохозяйственных машин методом электроискрового легирования // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2023;1-2(76):62-65. DOI 10.24412/2500-1000-2023-1-2-62-65.
16. Стребков С.В., Слободюк А.П., Бондарев А.В., Сахнов А.В. Упрочнение стрельчатых культиваторных лап электроискровым легированием // *Вестник АПК Ставрополя*. 2019;1(33):21-26. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-33-21-26.
17. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Губарев В.Д., Сулеев В.Д., Шахов В.А. Современные методы упрочнения дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019;2(76):95-98.
18. Горобей В.П. Технические решения для рыхления и культивации междурядий виноградников // *Автоматизированное проектирование в машиностроении*. 2024;16:26-29. DOI 10.26160/2309-8864-2024-16-26-29.
19. Степанов М.В., Трушина Л.Н., Лазарь В.В. Анализ способов повышения работоспособности лап культиваторов // *Наука без границ*. 2020;1(41):54-58.
20. Тулаганова Л.С., Жураева Г.Ш. Повышения износостойкости и долговечности рабочих органов культиваторов // *Механика в технологиях илмий журналы*. 2021;4(5):57-63.
21. Шмыков С.Н., Ипатов А.Г., Новикова Л.Я. Эффективность различных способов восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин на примере стрельчатой лапы культиватора // *Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022;1(69):64-71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64.
22. Рожков А.С., Архипов В.В., Рякин Н.С., Черток М.Е. Совершенствование элементов технологии упрочнения рабочих органов сельскохозяйственных машин // *E-SCIO*. 2017;7(10):37-43.
23. Сидоров С.А., Миронов Д.А., Ценч Ю.С., Миронова А.В. Оценка износостойкости и ресурса двух-слойных упрочненных почворежущих рабочих органов в различных почвенных условиях // *Инженерные технологии и системы*. 2020;30(4):699-710. DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.699-710.
24. Виноградов В.Н., Сорокин Г.М. Механическое изнашивание сталей и сплавов. М.: Недра. 1996:1-361.
25. Лискин И.В., Миронов Д.А., Сидоров С.А., Нагорный В.Д., Костомахин М.Н. Стрельчатые лапы повышенного ресурса для культиваторов отечественного производства // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2019;4(33):80-87.
26. Горобей В.П., Бабицкий Л.Ф., Москалевич В.Ю. Совершенствование рабочих органов и конструкции культиватора виноградников // *Виноградарство и виноделие: Сб. научн. тр. ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН»*. 2021;50:12-15.
27. Москалевич В.Ю., Горобей В.П., Карпенко С.Н. Повышение работоспособности и долговечности культиваторных лап прерывистой износостойкой наплавкой // *Вестник аграрной науки Дона*. 2024;1(65):12-21. DOI 10.55618/20756704_2024_17_1_12-21.
28. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники. М.: Агропромиздат. 1989:1-355.

References

1. Aliyev G.A., Bashirov F.B., Blagonravov P.P., Gukasov A.I., Zakharova E.I. The book of viticulturer. M.: Selkhozgiz. 1959:1-631 (in Russian).
2. Sineokov G.N., Panov I.M. Theory and calculation of tillage machines. M.: Mashinostroenie. 1977:1-328 (in Russian).
3. Cherepanov G.G., Chudinovskikh V.M. Sealing of arable soils and ways to eliminate it. M.: VNIITEIagroprom. 1987:1-58 (in Russian).
4. Shilo I.N., Romanyuk N.N., Kruk I.S., Orda A.N., Galimov R.R., Maksimovich K.Yu., Voynash S.A., Luchinovich A.A. The influence of the parameters of the running systems of wheeled vehicles on the change in soil density. Tractors and Agricultural Machinery. 2021;88(5):30-37. DOI 10.31992/0321-4443-2021-5-30-37 (in Russian).
5. Gaynullin I.A. Experimental study of track-type tractor speed influence on soil sealing. International Research Journal. 2017;3-4(57):29-31. DOI 10.23670/IRJ.2017.57.021 (in Russian).
6. Zolotarevskaya D.I. Study and calculation of soil compaction during operation and after stopping of a wheeled tractor. Tractors and Agricultural Machinery. 2016;8:33-38 (in Russian).
7. Romanyuk N.N., Kryuk I.S., Orda A.N., Shklyarevich V.A., Rakova N.L., Vorobey A.S. The influence of tractor running systems on soil sealing. Agropanorama. 2024;1(161):2-7. DOI 10.56619/2078-7138-2024-161-1-2-7 (in Russian).
8. Syromyatnikov Yu.N. Ways to reduce the specific pressure of wheel propellers on the soil. Agriculture. 2017;4:95-103. DOI 10.7256/2453-8809.2017.4.26797 (in Russian).
9. Novikov V.S., Petrovsky D.I. Improving durability of centre-hoe cultivators. Vestnik of FSEEHP Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin. 2017;4(80):49-55 (in Russian).
10. Reznik N.E. The theory of cutting with a blade and the basics of calculating cutting devices. M.: Mashinostroenie. 1975:1-311 (in Russian).
11. Izmailov A.Yu., Sidorov S.A., Lobachevsky Ya.P., Khoroshenkov V.K., Kudrya A.V. Raising technical characteristics in operating organs of agricultural machines. Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2016;4:58-60 (in Russian).
12. Lyalyakin V.P., Solovyov S.A., Aulov V.N. Condition and prospects of strengthening and restoration of parts of soil-

- cultivating machines using welding and surfacing methods. Proceedings of GOSNITI. 2014;115:96-104 (in Russian).
13. Titov N.V., Vinogradov V.V., Petrikov I.A. Increasing the service life of cultivator sweeps using vibro-arc surfacing using metal-ceramics. Agricultural Technology and Energy Supply. 2014;1(1):322-327 (in Russian).
 14. Titov N.V., Petrikov I.A., Kondrakhin N.A. Application of vibroarc hardening for increasing resource of tillers' working organs. Agricultural Technology and Energy Supply. 2015;1(5):130-137 (in Russian).
 15. Evsyukov A.I., Berezin M.A. Hardening of working bodies of agricultural machines by electric spark alloying. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2023;1-2(76):62-65. DOI 10.24412/2500-1000-2023-1-2-62-65 (in Russian).
 16. Strebkov S.V., Slobodyuk A.P., Bondarev A.V., Sakhnov A.V. Clarification of the lancet hoes electrospark alloying. Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2019;1(33):21-26. DOI 10.31279/2222-9345-2019-8-33-21-26 (in Russian).
 17. Ozhegov N.M., Ruzhev V.A., Gubarev V.D., Suleev V.D., Shakhov V.A. Modern methods of strengthening the disk working bodies of soil tillers. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2019;2(76):95-98 (in Russian).
 18. Gorobey V.P. Technical solutions for loosening and cultivation of vineyards between rows. Automated Design in Mechanical Engineering. 2024;16:26-29. DOI 10.26160/2309-8864-2024-16-26-29 (in Russian).
 19. Stepanov M.V., Trushina L.N., Lazar' V.V. Analysis of ways to improve the performance of cultivator paws. Science Without Borders. 2020;1(41):54-58 (in Russian).
 20. Tulaganova L.S., Zhuraeva G.Sh. Increasing the wear resistance and durability of the working bodies of cultivators. Scientific Journal of Mechanics and Technology. 2021;4(5):57-63 (in Russian).
 21. Shmykov S.N., Ipatov A.G., Novikova L.Ya. Efficiency of various methods for restoring and hardening tillage tools using the example of cultivator sweep. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2022;1(69):64-71. DOI 10.48012/1817-5457_2022_1_64 (in Russian).
 22. Rozhkov A.S., Arkhipov V.V., Ryakin N.S., Chertok M.E. Improving the elements of technology for strengthening the working bodies of agricultural machines. E-SCIO. 2017;7(10):37-43 (in Russian).
 23. Sidorov S.A., Mironov D.A., Tsench Yu.S., Mironova A.V. Assessment of durability and service life of two-layer hardened earth cutters in various soil conditions. Engineering Technologies and Systems. 2020;30(4):699-710. DOI 10.15507/2658-4123.030.202004.699-710 (in Russian).
 24. Vinogradov V.N., Sorokin G.M. Mechanical wear of steels and alloys. M.: Nedra. 1996:1-361 (in Russian).
 25. Liskin I.V., Mironov D.A., Sidorov S.A., Nagorny V.D., Kostomakhin M.N. Lancet paws of the increased resource for cultivators of domestic production. Innovations in Agriculture. 2019;4(33):80-87 (in Russian).
 26. Gorobey V.P., Babitskiy L.F., Moskalevich V.Yu. Improving the working bodies and design of the vineyard cultivator. Viticulture and Winemaking: Collection of Scientific Works of the FSBSI Institute Magarach RAS. 2021;50:12-15 (in Russian).
 27. Moskalevich V.Yu., Gorobey V.P., Karpenko S.N. Increasing the performance and durability of cultivation sweeps with discreet wear-resistant coating. Don Agrarian Science Bulletin. 2024;1(65):12-21. DOI 10.55618/20756704_2024_17_1_12-21 (in Russian).
 28. Kryazhkov V.M. Reliability and quality of agricultural machinery. M.: Agropromizdat. 1989:1-355 (in Russian).

Информация об авторах

Василий Петрович Горобей, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., вед. науч. сотр. сектора разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок; e-мейл: Sector.simf23@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0114-3585>;

Вадим Юрьевич Москалевич, канд. техн. наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе; e-мейл: v_moskalevich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

Николай Александрович Лотуга, лаборант сектора разработки и исследований макетных и экспериментальных технологических установок; e-мейл: Sector.simf23@yandex.ru;

Сергей Николаевич Карпенко, главный агроном; e-мейл: S.Karpenko@kachaplus.ru;

Сергей Владимирович Легостаев, техник; e-мейл: ooo.kachinskiy@mail.ru.

Information about authors

Vasily P. Gorobey, Dr. Tech. Sci., Senior Staff Scientist, Leading Staff Scientist, Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations; e-mail: Sector.simf23@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0114-3585>;

Vadim Yu. Moskalevich, Cand. Tech. Sci., Assistant Professor, Department of Technical Systems in Agribusiness; e-mail: v_moskalevich@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4818-3910>;

Nikolay A. Lotuga, Laboratory Assistant, Sector of Development and Research of Model and Experimental Technological Installations; e-mail: Sector.simf23@yandex.ru;

Sergey N. Karpenko, Chief Agronomist; e-mail: S.Karpenko@kachaplus.ru;

Sergey V. Legostaev, Technician; e-mail: ooo.kachinskiy@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.07.2024, одобрена после рецензии 03.09.2024, принята к публикации 20.11.2024.