УДК 621.791.76:621.762

Сравнительные полевые испытания серийных односторонних лап и оборотной наклонной режущей лапы культиватора

Кувандиков Ё.Т., Турсунбоев О.В.

Аннотация. В исследовании сопоставлены абразивный износ и ресурс серийных односторонних лап культиватора и экспериментальной оборотной наклонна режущей лапы при междурядной обработке хлопчатника в Джизакской области Узбекистана. Полевые испытания проводили в фермерском хозяйстве «Yorqin Said Xojakbar» Зафарабадского района с использованием культиватора КХУ-4М в агрегате с трактором МТЗ-80. Лапы обеих конструкций устанавливали на один и тот же культиватор, а их массу измеряли после обработки очередного участка. Масса пары серийных лап уменьшилась с 3040,25 до 2535 г; после обработки 45 га лапы были выбракованы. Масса экспериментальной лапы после обработки 117 га снизилась с 2275 до 2185 г, при этом к завершению испытаний она сохраняла работоспособность. Суммарная потеря массы составила соответственно 505,25 и 90 г. Таким образом, экспериментальная лапа обработала площадь, в 2,6 раза превышающую наработку серийной пары до выбраковки. Отклонения глубины обработки не превышали 10 мм. Результаты свидетельствуют о том, что оборотная конструкция позволяет увеличить ресурс при сохранении требуемой глубины обработки в условиях проведённых испытаний.

Ключевые слова: междурядная обработка, лапа культиватора, абразивный износ, оборотная лапа, ресурс, хлопчатник.

Для цитирования: Кувандиков Ё.Т., Турсунбоев О.В. Сравнительные полевые испытания серийных односторонних лап и оборотной наклонной режущей лапы культиватора // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 4. С. 98–102.

Comparative field tests of serial one-sided paws and reversible inclined cutting paws of the cultivator

Kuvandikov Y.T., Tursunboev O.V.

Abstract. This study compares the abrasive wear and service life of standard one-sided cultivator sweeps and an experimental reversible oblique-cutting sweep during inter-row cultivation of cotton in the Jizzakh region of Uzbekistan. Field tests were conducted at the Yorqin Said Xojakbar farm in Zafarabad District using a KXU-4M cultivator coupled with an MTZ-80 tractor. Both types of sweeps were installed on the same cultivator, and their mass was measured after each successive field section had been cultivated. The mass of the pair of standard sweeps decreased from 3,040.25 to 2,535 g; after cultivating 45 ha, the sweeps were discarded as unserviceable. The mass of the experimental sweep decreased from 2,275 to 2,185 g after cultivating 117 ha, while it remained operational at the end of the tests. The total mass loss amounted to 505.25 g and 90 g, respectively. Thus, the experimental sweep cultivated an area 2.6 times greater than the operating area achieved by the standard pair before rejection. Deviations in cultivation depth did not exceed 10 mm. The results indicate that the reversible design can increase service life while maintaining the required cultivation depth under the conditions of the conducted field tests.

Keywords: inter-row cultivation, cultivator sweep, abrasive wear, reversible sweep, service life, cotton.

For citation: Kuvandikov Y.T., Tursunboev O.V. Comparative field tests of serial one-sided paws and reversible inclined cutting paws of the cultivator. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 4. pp. 98–102. (In Russ.).

Введение

Надёжные сельскохозяйственные орудия с высокой производительностью и длительным ресурсом повышают экономическую эффективность полевых работ. Для техники, используемой при междурядной обработке, увеличение ресурса почвообрабатывающих рабочих органов позволяет поддерживать эксплуатационную надёжность и сокращать простои при выполнении агротехнических операций в установленные сроки.

Серийные односторонних лап культиваторов КХУ-4 работают в сложных почвенных условиях. Они подвергаются воздействию динамических нагрузок, изменяющихся по величине и направлению, почвенной влаги и абразивных частиц обрабатываемого слоя. Эти факторы вызывают износ, обусловливают необходимость ремонта или замены рабочих органов и могут приводить к простоям, нарушающим установленные сроки культивации [1].

Работа выполнена в рамках прикладного научно-исследовательского проекта Гулистанского государственного университета по договору В-13-282 Государственного комитета по науке и технике и программе ГНТП-13 Республики Узбекистан. Проект был посвящён разработке быстросъёмных оборотных составных почвообрабатывающих рабочих органов, обеспечивающих ресурсосбережение и повышение производительности труда. Исследования по увеличению ресурса рабочих органов культиваторов проводили Ёкуб Кувандиков и Олмос Турсунбоев под руководством профессора Карима Нуриева. Более широкие технические предпосылки изложены в исследовании Нуриева, посвящённом эксплуатационно-технологическим показателям почвообрабатывающих машин хлопководческого комплекса [2].

В современных исследованиях рассмотрены как влияние изношенных стрельчатых лап культиваторов и лап с упрочнёнными режущими кромками на качество посевного ложа [3], так и сочетание оптимизации конструкции с поверхностным упрочнением для повышения износостойкости ножей [4]. Эти работы подчёркивают необходимость оценивать износ во взаимосвязи с качеством обработки почвы. Настоящее исследование посвящено оборотной лапе для междурядной обработки хлопчатника в условиях Джизакской области.

Цель исследования — сравнить износ серийных односторонних лап культиватора и оборотной наклонно режущей лапы в полевых условиях, выявить различия в динамике потери массы и оценить наработку по обработанной площади при сохранении требуемой глубины обработки.

Таблица 1 - Физико-механические свойства почвы

Глубина отбора проб (см)	Влажность почвы (%)	Плотность почвы (кг/м³)	Сопротивление почвы проникновению (МПа)
0–5	11,6	1130	1,44
5–10	12,4	1220	1,81

Таблица 2 - Изменение массы и интенсивность износа при полевых испытаниях

Площадьза интервал,га	Суммарнаяплощадь.га	Измереннаямасса.г	Суммарнаяпотеря массы. %	Потеря массыза интервалг	Интенсивностьизносаза интервал, г/га
Серийные односторонние лапы – одна пара					
0	0	3040,25	0	0	0
13	13	2964	2,51	76,25	5,87
14	27	2840,5	6,57	123,5	8,82
9	36	2697,5	11,27	143	15,89
9	45	2535	16,62	162,5	18,06
Оборотная косорежущая лапа – леворежущее положение					
0	0	2275	0	0	0
10	10	2240	1,54	35	3,5
14	24	2228	2,07	12	0,86
18	42	2223	2,29	5	0,28
16	58	2219	2,46	4	0,25
Оборотная косорежущая лапа – праворежущее положение					
14	72	2214	2,68	5	0,36
18	90	2203	3,16	11	0,61
12	102	2196	3,47	7	0,58
15	117	2185	3,96	11	0,73



а) б)

Рис. 1. Серийные лапы: (а) до эксплуатации; (б) после обработки 45 га



а) б)

Рис. 2. Оборотная лапа: (а) до эксплуатации; (б) после обработки 117 га



а) б)

Рис. 3. Взвешивание после культивации: (а) пара серийных лап; (б) оборотная лапа

Объекты и методы исследования

На этапе проектирования проанализированы конструкции составных, оборотных и легкозаменяемых стрелчатых лап, выпускаемых в США, России, Китае, Испании, Германии и Италии. Также изучены причины выбраковки рабочих органов культиваторов, используемых в Узбекистане. Образцы серийных рабочих органов из стали 65Г исследовали по составу материала, термической обработке, физико-механическим свойствам, характеру абразивного износа и состоянию поверхностного слоя.

Разработанная конструкция создана К. К. Нуриевым, Ё. Т. Кувандиковым, М. К. Нуриевым и О. В. Турсунбоевым и зарегистрирована в качестве полезной модели Egik kesuvchi panja, далее именуемой косорежущей лапой, по патенту № FAP 3103 [5]. Экспериментальные лапы изготовлены АО «БМКБ-Агромаш» и переданы на полевые испытания.

В качестве базовой конструкции использовали серийные односторонние лапы из стали 65Г, изготовленные на заводе «Чирчиккишлокхужаликмаш». Пару серийных лап сравнивали с одной оборотной экспериментальной лапой. Серийные рабочие органы в исходном и изношенном состоянии показаны на рисунке 1, экспериментальная лапа на рисунке 2.

Полевые испытания проводили в фермерском хозяйстве «Yorqin Said Xojakbar» Зафарабадского района Джизакской области во время второй и третьей междурядных обработок хлопчатника. Площадь посевов хлопчатника в хозяйстве составляла 46 га. Для сравнительной оценки абразивного износа лапы обеих конструкций одновременно устанавливали на один и тот же культиватор. Экспериментальную лапу монтировали на культиватор КХУ-4М, агрегатированный с трактором МТЗ-80. Скорость движения при второй культивации составляла 1,5 м/с, при третьей – 1,8 м/с.

Физико-механические свойства почвы на боковом склоне гребня приведены в таблице 1. Плотность почвы выражена в кг/м³, а значения сопротивления почвы проникновению пересчитаны из кгс/см² в МПа с использованием соотношения 1 кгс/см² = 0,0980665 МПа.

Массу лап измеряли до начала испытаний и после обработки очередного участка. Экспериментальную лапу использовали в леворежущем положении до достижения суммарной обработанной площади 58 га, затем – в праворежущем положении. На рисунке 3 показано взвешивание пары серийных лап и экспериментальной лапы. После-

довательность измерений соответствует методике исследования износа в полевых условиях, описанной в работе Кувандикова [6].

Для каждого интервала измерений потерю массы рассчитывали как разность между предыдущим и текущим значениями массы. Интенсивность износа за интервал определяли делением потери массы на площадь, обработанную в течение этого интервала. Суммарную потерю массы рассчитывали относительно исходного значения и выражали в процентах от него. Среднюю интенсивность износа за зафиксированную наработку определяли делением общей потери массы на соответствующую суммарную обработанную площадь.

Анализ носил описательный характер. По результатам измерений рассчитывали суммарную потерю массы, интенсивность износа за отдельные интервалы и соотношения наработок. Число повторностей и погрешности измерений не были указаны, поэтому проверку статистических гипотез и расчёт доверительных интервалов не проводили.

Результаты и их обсуждение

Результаты полевых измерений приведены в таблице 2. После обработки 45 га масса пары серийных лап уменьшилась с 3040,25 до 2535 г, что соответствует суммарной потере массы 505,25 г, или 16,62 %. После достижения этой наработки лапы были выбракованы; измеренный износ по ширине отогнутой части составил 34,7 мм.

После обработки 117 га масса экспериментальной лапы снизилась с 2275 до 2185 г, что соответствует суммарной потере массы 90 г, или 3,96 %. При этом лапа сохранила работоспособность. Отношение обработанных площадей составило 117/45 = 2,6.

У пары серийных лап интенсивность износа за интервал увеличилась с 5,87 г/га в первом интервале до 18,06 г/га в последнем. Средняя интенсивность износа за 45 га составила 11,23 г/га. У экспериментальной лапы в первом интервале потеря массы составила 35 г на 10 га, или 3,50 г/га. В последующих интервалах интенсивность износа находилась в пределах от 0,25 до 0,86 г/га. За всю зафиксированную наработку, составившую 117 га, средняя интенсивность износа экспериментальной лапы равнялась 0,77 г/га.

Исходная масса экспериментальной лапы была на 765,25 г меньше массы пары серийных лап, что соответствует снижению на 25,17 %.

Все испытанные лапы обеспечивали требуемую глубину обработки, не превышали 10 мм; нарушений установленных агротехнических требований в ходе испытаний не отмечено.

Оборотную лапу можно перевести из леворежущего положения в праворежущее и обратно, сняв один болт М24 и переустановив лапу. Это позволяет обойтись без отдельных запасных леворежущих и праворежущих вариантов экспериментального рабочего органа. Такое решение упрощает восстановление работоспособности орудия и сокращает простои, связанные с заменой лап.

Нох и соавторов [3] использовали цифровые измерения поверхности почвы для оценки качества посевного ложа после обработки изношенными стрельчатыми лапами и лапами с упрочнёнными режущими кромками. Полученные ими результаты связывают изменение геометрии рабочего органа с качеством обработки почвы. Цзоу и соавторов [4] исследовали оптимизацию конструкции и поверхностное упрочнение ножей почвенных фрез как способ уменьшения износа. В настоящей работе рассмотрена другая конструктивная особенность – последовательное использование леворежущего и праворежущего положений лапы. Выявленное преимущество по ресурсу относится к данной оборотной конструкции в описанных условиях испытаний; численные значения интенсивности износа, полученные для различных рабочих органов и почв, не могут непосредственно переноситься из одних условий в другие.

Меньшая исходная масса оборотной лапы характеризует сравнение на уровне отдельного рабочего органа. Сама по себе она не позволяет количественно оценить общий расход металла на культиватор в течение всего срока его службы. Аналогично, отношение наработок, равное 2,6, получено при сопоставлении 117 га, обработанных без выбраковки экспериментальной лапы, и 45 га до выбраковки серийной пары; полный ресурс экспериментальной лапы до выбраковки остаётся неустановленным.

Результаты измерений потери массы подтверждают целесообразность применения оборотной конструкции для увеличения ресурса в исследованных условиях. Экономию топлива и смазочных материалов, время замены и общий расход металла за жизненный цикл в ходе данных полевых измерений количественно не определяли; эти показатели требуют отдельной оценки. Результаты относятся к описанным полевым условиям; имеющаяся последовательность измерений не позволяет оценить вариабельность результатов в повторных испытаниях.

Выводы

Пара серийных односторонних лап была выбракована после междурядной обработки 45 га хлопчатника, тогда как оборотная наклонно режущая лапа сохранила работоспособность после обработки 117 га. Таким образом, экспериментальная лапа обработала площадь, в 2,6 раза превышающую наработку серийной пары до выбраковки; её полный ресурс до выбраковки пока не установлен.

Суммарная потеря массы составила 505,25 г для пары серийных лап и 90 г для экспериментальной лапы. Средняя интенсивность потери массы за зафиксированную наработку составила соответственно 11,23 и 0,77 г/га. Отклонения глубины об-

работки для обеих конструкций не превышали 10 мм.

Переустановка экспериментальной лапы из леворежущего положения в праворежущее с помощью одного болта М24 обеспечивает практическую возможность последовательного использования её рабочих кромок. Результаты полевых испытаний подтверждают целесообразность дальнейшего применения и оценки этой конструкции для увеличения ресурса рабочих органов культиваторов в сопоставимых почвенных условиях.

Литература

[1] Нуриев К. К. Рекомендации по выбраковке рабочих органов плугов и культиваторов. Ташкент: Фан; 2008. (На рус. яз.).

[2] Нуриев К. К. Повышение эксплуатационно-технологических показателей почвообрабатывающих машин хлопководческого комплекса [диссертация]. Янгиюль; 2005. 540 с. (На рус. яз.).

[3] Noh JM, Liu L, Tekeste MZ, Li Q, Hatfield J, Eisenmann D. Цифровая оценка качества почвы посевного ложа после обработки изношенными стрелчатыми лапами культиватора и лапами с упрочнёнными режущими кромками. Sensors. 2024;24(21):6951. doi:10.3390/s24216951.

[4] Zou Z, Li J, Wang X, Tang C, Chen X. Повышение износостойкости ножей почвенных фрез путём оптимизации конструкции и поверхностного упрочнения. Materials. 2025;18(21):5006. doi:10.3390/ma18215006.

[5] Нуриев К. К., Кувандиков Ё. Т., Нуриев М. К., Турсунбоев О. В. Egik kesuvchi panja [Наклонна режущая лапа]. Полезная модель Республики Узбекистан FAP 3103. im.adliya.uz/publications/ONE/2026/7?document=12c7c53f-1598-4f79-b6fe-7233f130c955.

[6] Кувандиков Ё. Т. Kultivator panjasining yeyilish dinamikasini tadqiq qilish va yuqori resursli konstruksiyasini yaratish [Исследование динамики износа лапы культиватора и разработка конструкции с повышенным ресурсом] [диссертация на соискание учёной степени доктора философии (PhD)]. Андижан; 2024. 60 с. (На узб. яз.).

References

[1] Nuriyev K.K. Recommendations for the Rejection of Plow and Cultivator Working Parts. Tashkent: Fan; 2008. (In Russian).

[2] Nuriyev K.K. Improving the Operational and Technological Performance of Tillage Machines in the Cotton Growing Complex [dissertation]. Yangiyul; 2005. 540 p. (In Russian).

[3] Noh JM, Liu L, Tekeste MZ, Li Q, Hatfield J, Eisenmann D. Digital Assessment of Seedbed Soil Quality after Cultivation with Worn Cultivator Swivels and Swivels with Hardened Cutting Edges. Sensors. 2024;24(21):6951. doi:10.3390/s24216951.

[4] Zou Z, Li J, Wang X, Tang C, Chen X. Improving the wear resistance of soil tiller knives by design optimization and surface hardening. Materials. 2025;18(21):5006. doi:10.3390/ma18215006.

[5] Nuriyev K.K., Kuvandikov E.T., Nuriyev M.K., Tursunboev O.V. Egik kesuvchi panja [Inclined cutting paw]. Utility Model of the Republic of Uzbekistan FAP 3103. im.adliya.uz/publications/ONE/2026/7?document=12c7c53f-1598-4f79-b6fe-7233f130c955.

[6] Kuvandikov E. T. Kultivator panjasining yeyilish dinamikasini tadqiq qilish va yuqori resursli konstruksiyasini yaratish [Study of the dynamics of wear of a cultivator paw and development of a design with an increased resource] [dissertation for the degree of Doctor of Philosophy (PhD)]. Andijan; 2024. 60 p. (In Uzbek).

Сведения об авторах

Кувандиков Ёкуб Турсунбаевич кандидат технических наук доцент кафедры «Общетехнических дисциплин» Джизакский политехнический институт Республика Узбекистан город Джизак улица Чархпалак дом 19 **Тел.:** +7(99893) 305-08-60 **E-mail:** yokubjonyokubjon399@gmail.com	**Kuvandikov Yakub Tursunbayevich** PhD in Technical Sciences Associate Professor of the Department General Technical Disciplines. Jizzakh Polytechnic Institute **Phone:** +7(99893) 305-08-60 **E-mail:** yokubjonyokubjon399@gmail.com
Турсунбоев Олмос Вахоб угли старший преподаватель кафедры «Физики» Джизакский государственный педагогический университет имени Абдуллы Кадыри Республика Узбекистан, 130100, Джизакская область, г. Джизак, улица Шарофа Рашидова, дом 4. **Тел.:** +7(99893) 667-40-70 **E-mail:** tursunboyevolmosbek5597@gmail.com	**Tursunboyev Olmos Vakhob o‘g‘li** Senior Lecturer of the Department Physics Jizzakh State Pedagogical University named after Abdulla Qodiriy **Phone:** +7(99893) 667-40-70 **E-mail:** tursunboyevolmosbek5597@gmail.com