

Разработка и экспериментальная оценка ресурсосберегающего комбинированного культиватора для поверхностной и глубокой обработки междурядий хлопчатника

Холдаров М.Ш.

Аннотация. В статье представлены результаты разработки и обоснования конструктивно-технологических параметров комбинированного культиватора-глубокорыхлителя для междурядной обработки хлопчатника. Актуальность обусловлена необходимостью сокращения проходов агрегатов, снижения энергетических и трудовых затрат, обеспечения качественного рыхления почвы. Конструкция совмещает поверхностную обработку и глубокое рыхление междурядий за один проход. Обоснованы параметры рабочего органа с учетом ширины междурядий, расположения корневой системы и агротехнических требований. При ширине междурядий 90 см рациональная глубина рыхления составляет 30–35 см, ширина обрабатываемой зоны – 60–66 см с сохранением защитной зоны растений. Определены рациональные значения угла установки, ширины долота, длины рабочей части и угла заострения стойки. Полевые испытания подтвердили работоспособность и соответствие агротехническим требованиям. Применение конструкции снижает трудовые затраты до 51 %, общие – до 32 %, годовой экономический эффект – 28 907 205,6 сум.

Ключевые слова: хлопчатник, междурядная обработка, культиватор-глубокорыхлитель, глубокое рыхление, рабочий орган, защитная зона, глубина обработки, тяговое сопротивление, ресурсосбережение.

Для цитирования: Холдаров М.Ш. Разработка и экспериментальная оценка ресурсосберегающего комбинированного культиватора для поверхностной и глубокой обработки междурядий хлопчатника // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 118–124.

Development and experimental evaluation of a resource-saving combined cultivator for shallow and deep inter-row tillage in cotton crops

Kholdarov M.Sh.

Abstract. The article presents the results of the development and justification of design and operational parameters for a combined cultivator-deep ripper designed for the inter-row tillage of cotton. The study is driven by the need to reduce the number of machinery passes, lower energy and labor costs, and ensure effective soil loosening. The design integrates surface tillage and deep inter-row loosening into a single pass. Parameters for the working tool were determined based on row spacing, root system distribution, and agrotechnical requirements. For a row spacing of 90 cm, the optimal loosening depth is 30–35 cm, and the working width is 60–66 cm, while maintaining a protective zone around the plants. Optimal values were established for the setting angle, chisel width, working section length, and shank point angle. Field tests confirmed the unit's operational viability and compliance with agrotechnical standards. Implementation of this design reduces labor costs by up to 51% and total costs by up to 32%, yielding an annual economic benefit of 28,907,205.6 soums.

Keywords: cotton, inter-row tillage, cultivator-deep loosener, deep loosening, working body, protective zone, tillage depth, draft resistance, resource conservation.

For citation: Kholdarov M.Sh. Development and experimental evaluation of a resource-saving combined cultivator for shallow and deep inter-row tillage in cotton crops. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 118–124. (In Russ.).

Введение

В условиях современного сельскохозяйственного производства широкое внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий является одним из приоритетных направлений повышения эффективности отрасли. Рост численности населения, необходимость обеспечения продовольственной безопасности, рационального использования земельных и водных ресурсов, а также сохранения экологического равновесия обуславливают необходимость совершенствования сельскохозяйственной техники и технологических процессов. Особую актуальность данные вопросы приобретают при возделывании пропашных культур, в том числе хлопчатника.

В настоящее время в мире сельскохозяйственные культуры возделываются на площади более 900 млн га, из которых около 32–34 млн га приходится на посевы хлопчатника. В связи с этим совершенствование технологий междурядной обработки хлопчатника и создание высокопроизводительных, энерго- и ресурсосберегающих технических средств имеют важное научное и практическое значение. Одним из перспективных направлений является применение глубокорыхлительных рабочих органов, обеспечивающих разуплотнение почвы, улучшение ее водно-воздушного режима и создание благоприятных условий для развития корневой системы растений.

В ведущих научно-исследовательских центрах мира проводятся широкомасштабные исследования, направленные на совершенствование машин и рабочих органов для междурядной обработки сельскохозяйственных культур, повышение качества выполнения технологических операций, снижение энергетических затрат и обеспечение эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники. Важное место среди этих исследований занимает совершенствование конструктивно-технологических решений машин для глубокого рыхления почвы.

Для сельского хозяйства Республики Узбекистан задача повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов приобретает особое значение. В рамках реализации Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020–2030 годы определены приоритетные направления, предусматривающие рациональное использование земельных и водных ресурсов, повышение производительности труда, модернизацию сельскохозяйственного производства и внедрение современных ресурсосберегающих технологий.

Одним из направлений решения данной задачи является совершенствование технических средств для междурядной обработки хлопчатника. Традиционная технология предусматривает выполнение поверхностной междурядной обработки и последующего глубокого рыхления отдельными агрегатами. Это приводит к дополнительным проходам

тракторно-машинных агрегатов по полю, увеличению затрат топлива и рабочего времени, а также повышению уплотнения почвы ходовыми системами тракторов.

Ранее авторами были разработаны технические решения пропашного культиватора [1] и рабочего органа для глубокого рыхления почвы [2], которые послужили основой для дальнейшего совершенствования конструкции культиватора-глубококорыхлителя. Такое конструктивное решение позволяет сократить количество технологических проходов по полю, снизить эксплуатационные и энергетические затраты и одновременно повысить качество обработки почвы.

Объекты и методы исследования

В ходе исследования проведен анализ существующих конструкций пропашных культиваторов и рабочих органов, применяемых при возделывании хлопчатника, а также изучены конструкции и технологические особенности машин для глубокого рыхления почвы. На основе анализа агротехнических требований к междурядной обработке хлопчатника обоснована необходимость совмещения операций поверхностной обработки и глубокого рыхления в едином машинно-тракторном агрегате.

Установлено, что после проведения первой междурядной обработки возникает необходимость глубокого рыхления почвы в междурядьях хлопчатника. Для выполнения данной операции, как правило, применяются отдельные чизельные культиваторы, что требует дополнительного прохода машинно-тракторного агрегата и приводит к увеличению материальных и энергетических затрат.

В предыдущем исследовании авторами были изучены конструктивные и технологические параметры рабочего органа для глубокого рыхления междурядий хлопчатника, включая его геометрические параметры и тяговое сопротивление [12]. Полученные результаты послужили основой для дальнейшего совершенствования конструкции культиватора-глубококорыхлителя.

Для устранения указанного недостатка в Андижанском институте сельского хозяйства и агротехнологий разработана конструкция комбинированного культиватора-глубококорыхлителя, предназначенного для совмещения поверхностной обработки и глубокого рыхления междурядий хлопчатника за один проход машинно-тракторного агрегата.

Особое внимание в исследовании уделено разработке и обоснованию рабочего органа глубокого рыхления. При его проектировании учитывались агротехнические требования к обработке междурядий хлопчатника, глубина рыхления, ширина защитной зоны растений, тяговое сопротивление рабочего органа и энергетические затраты на выполнение технологического процесса.

На основе теоретических и экспериментальных исследований определены основные конструк-

тивные и технологические параметры рабочего органа глубокого рыхления, обеспечивающие требуемое качество обработки почвы при минимальных энергетических затратах.

Результаты и их обсуждение

Разработанный культиватор-глубокорыхлитель позволяет совмещать операции междурядной обработки и глубокого рыхления почвы в одном технологическом проходе. Применение такого технического решения создает возможность сократить количество проходов агрегата по полю, снизить расход топлива и эксплуатационные затраты, а также уменьшить негативное воздействие ходовых систем тракторов на почву.

Обоснование конструктивных и технологических параметров рабочего органа глубокого рыхления позволяет обеспечить необходимую глубину обработки междурядий хлопчатника при сохранении установленной защитной зоны растений. В результате создаются благоприятные условия для улучшения водно-воздушного режима почвы и развития корневой системы хлопчатника.

Таким образом, разработка и совершенствование комбинированных культиваторов-глубокорыхлителей является перспективным направлением повышения эффективности механизированных технологий возделывания хлопчатника и рационального использования энергетических и материальных ресурсов.

Конструкция культиватора-глубокорыхлителя для глубокого рыхления междурядий хлопчатника разработана с учетом особенностей развития корневой системы растений и действующих агротехнических требований. Основное внимание при разработке рабочего органа уделено обеспечению требуемой глубины рыхления, сохранению защитной зоны растений, качественному крошению и разуплотнению почвы, а также снижению тягового сопротивления и энергетических затрат. Агротехнические и энергетические показатели рабочего органа глубокорыхлителя определяются его конструктивными и технологическими параметрами (рис. 1). К основным параметрам относятся: α – угол установки, o ; b_y – ширина стойки, м; b_1 – ширина рабочего органа, м; t_y – толщина стойки, м; l_u – длина рабочего органа, м; β_c – угол заострения стойки глубокорыхлителя, o ; h_{ch} – глубина обработки.

Рациональное сочетание указанных параметров обеспечивает необходимое качество глубокого рыхления междурядий хлопчатника при минимальном тяговом сопротивлении рабочего органа. Поэтому определение и обоснование их рациональных значений является важной задачей при разработке энерго- и ресурсосберегающего культиватора-глубокорыхлителя.

При проведении глубокого рыхления междурядий хлопчатника в период вегетации необходимо учитывать особенности размещения и развития

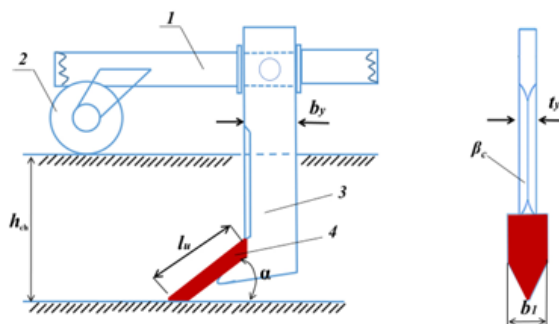


Рис. 1. Схема и основные параметры глубокорыхлителя для междурядной обработки почвы: 1-грядиль, 2-опорное колесо, 3-стойка, 4-глубокорыхлительный рабочий орган

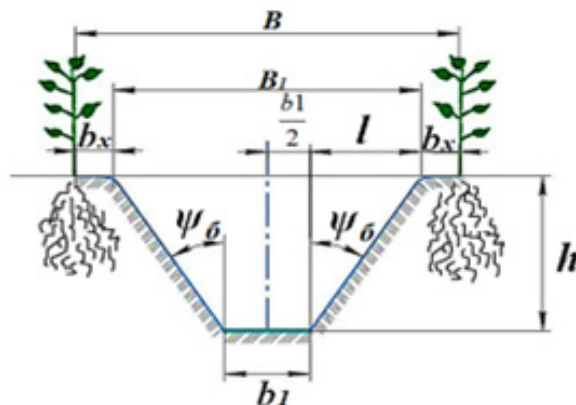


Рис. 2. Схема к определению защитной зоны рабочего органа

корневой системы растений. Поэтому ширина и глубина обработки рабочего органа глубокорыхлителя должны определяться с учетом ширины междурядья, зоны распространения корней и необходимой защитной зоны растений.

С учетом указанных требований разработана расчетная схема определения ширины защитной зоны рабочего органа относительно ряда хлопчатника (рис. 2). На основании геометрических параметров междурядья и положения рабочего органа ширина защитной зоны определяется по выражению (1).

Выбранные параметры рабочего органа обеспечивают выполнение глубокого рыхления в заданной зоне междурядья без повреждения корневой системы хлопчатника. Таким образом, обоснование ширины защитной зоны позволяет обеспечить соответствие технологического процесса агротехническим требованиям и одновременно повысить эффективность рыхления почвы.

$$B_1 = B - 2b_x, \quad (1)$$

где B – ширина междурядий, см; b_x – ширина защитной зоны, м.

Ширина защитной зоны рабочего органа глубокорыхлителя с каждой стороны ряда хлопчатника принята в пределах ($b_x=28-30$) см. Данное значение установлено с учетом особенностей развития корневой системы хлопчатника в период вегетации и необходимости предотвращения ее повреждения при глубоком рыхлении междурядий.

При ширине междурядья 90 см рабочая шири-

на рыхления определяется с учетом двухсторонней защитной зоны и составляет 60–66 см. Таким образом, установленная ширина обработки обеспечивает достаточное рыхление почвы в междурядной зоне при сохранении необходимого расстояния от рядка хлопчатника и снижении вероятности повреждения корневой системы растений.

Выбор указанных параметров соответствует особенностям роста и развития корневой системы хлопчатника и обеспечивает выполнение технологического процесса в соответствии с агротехническими требованиями.

Глубина обработки рабочего органа глубокорыхлителя определяется не произвольно, а с учетом технологически допустимого предельного значения. Максимальная глубина рыхления зависит от комплекса конструктивно-технологических и почвенных факторов, основными из которых являются физико-механические свойства почвы, форма рабочего органа, его конструктивные параметры и условия взаимодействия с почвой.

С учетом указанных факторов предельная глубина рыхления рабочего органа глубокорыхлителя определяется по выражению (2).

Определение рациональной глубины обработки имеет важное значение для обеспечения требуемого качества рыхления почвы и снижения тягового сопротивления рабочего органа. При этом глубина рыхления должна обеспечивать разрушение уплотненного слоя почвы в междурядье без чрезмерного увеличения энергетических затрат.

$$h_{ch} = \frac{b_1 \cdot \left[0,1 \frac{\sigma_{\varepsilon}}{\tau_k} (1 + 3 \cdot \operatorname{tg} \psi_{\phi}) - n \right]}{m + \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (2)$$

где $[\sigma_{\varepsilon}]$ – удельное сопротивление почвы мятию, $\sigma_{\varepsilon}=1,44 \cdot 10^6$ Па;

n , m – коэффициенты зависящие от физико-механических свойств почвы, $n=2,5$, $m=4,5$

τ_k – критическое сопротивление почвы крошению (сдвигу), Па; $\tau_k=100$

На основании применяемой в производственных условиях технологии глубокого рыхления почвы в междурядьях хлопчатника при ширине междурядья 90 см установлена предельная глубина рыхления рабочего органа ($h_{ch}=30\text{--}35$) см. Данный диапазон глубины обеспечивает необходимое разрушение почвы в зоне междурядья и соответствует агротехническим требованиям возделывания хлопчатника.

С учетом установленной глубины обработки и геометрических параметров междурядья ширина рабочего органа глубокорыхлителя определяется по выражению (3):

$$b_1 \geq \frac{h_{ch} (m + \operatorname{ctg} \alpha)}{0,1 \frac{[\sigma_{\varepsilon}]}{[\tau_k]} (1 + 3 \cdot \operatorname{tg} \psi_{\phi}) - n}, \quad (3)$$

Установлено, что при ширине междурядья хлопчатника 90 см глубина рыхления должна составлять ($h_{ch}=30\text{--}35$) см, а ширина захвата рабочего органа – ($b_1=4\text{--}6$) см. Полученные значения определены с учетом агротехнических требований к междурядной обработке хлопчатника и результатов теоретических расчетов. Обоснованные параметры обеспечивают эффективное взаимодействие рабочего органа с почвой, требуемое качество рыхления и рациональное использование энергетических ресурсов.

Длина рабочего органа глубокорыхлителя определяется на основании расчетной схемы и геометрических параметров его рабочего положения. Согласно схеме, длина рабочего органа (l_u) соответствует стороне (AD) треугольника (AOD) или может превышать ее значение при условии сохранения требуемого характера деформации и сдвига почвы в процессе рыхления:

$$l_u \geq AD$$

Поскольку углы треугольника (AOD) известны: $\angle O = \psi_{\phi}$, $\angle A = \alpha$, а угол (D) определяется из условия $\angle D = 180^\circ - (\alpha + \psi_{\phi})$ длину стороны (AD) можно определить с использованием теоремы синусов. В результате расчетная длина рабочего органа определяется исходя из геометрических параметров его установки и заданной глубины рыхления.

$$l_u \geq \frac{S_c \cdot \cos \frac{1}{2}(\alpha + \phi_1 + \phi_2)}{\cos \frac{1}{2}[\alpha - (\phi_1 + \phi_2)]}, \quad (4)$$

Подставляя ранее принятые значения параметров в выражение (4), получаем расчетное значение длины рабочего органа:

$$l_u = 12,3 \text{ см}$$

Полученное значение принимается в качестве расчетной длины рабочего органа глубокорыхлителя. При глубоком рыхлении междурядий хлопчатника на глубину ($h_{ch}=30\text{--}35$) см в процессе взаимодействия рабочего органа с почвой участвует рабочая часть стойки длиной около 20–25 см. Геометрические параметры передней части стойки, в частности угол ее заострения, оказывают существенное влияние на характер взаимодействия рабочего органа с почвой и величину тягового сопротивления.

При выборе угла заострения необходимо учитывать возможность накопления и прилипания почвы к передней поверхности стойки. Определение угла заострения без учета данного явления может привести к увеличению сопротивления перемещению рабочего органа в почве и, как следствие, к повышению тягового сопротивления агрегата.

В связи с этим угол заострения передней части стойки должен быть обоснован с учетом физико-механических свойств почвы, глубины рыхления и условий взаимодействия рабочего органа с почвой. Рациональное значение данного параметра

позволяет уменьшить накопление почвы на передней поверхности стойки, снизить тяговое сопротивление и обеспечить устойчивое протекание технологического процесса глубокого рыхления.

$$\beta_c = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \quad (5)$$

Из выражения (5) при различных значениях коэффициента φ получаем: при $\varphi=250$ $\beta_c=330$ ($2\beta_c=660$); при $\varphi=350$ $\beta_c=270$ ($2\beta_c=540$). Таким образом угол заострения стойки глубокорыхлителя должен быть в пределах $\beta_c=270-330$ или ($2\beta_c=540-660$).

$$R = \kappa_1 \cdot T \cdot t_T \cdot b_T + \left(b_1 \cdot h_{ch} + h_{ch}^2 \cdot \tan \psi_0 \right) \cdot \left[\frac{[\tau_k] \cdot \left[\sin \frac{1}{2}(\alpha + \phi_1 + \phi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\alpha - \phi_1 - \phi_2) \right]}{\cos \frac{1}{2}(\alpha + \phi_1 + \phi_2)} + \right. \\ \left. + \rho \cdot \left(1 + \frac{W}{100} \right) \cdot \left(g \cdot h_{ch} \cdot \frac{f \cdot \tan(\alpha + \phi_1)}{\sin \alpha} + 2 \cdot \frac{V_a^2 \sin \alpha \cdot \sin(\alpha + \phi_1)}{\cos \phi_1} \right) + \right. \\ \left. + (h_{ch} - l_u \sin \alpha) \cdot [q_0 \cdot t_y \cdot (l_u + f \cdot \tan \gamma) + f \cdot q_e \cdot (2 \cdot b_y - t_y \cdot \tan \gamma)] \right] \quad (6)$$

где: κ_1 – форма поверхности почвы взаимодействующая с рабочим органом; T – твердость почвы, Па; t_T – толщина острия рабочего органа, м; b_T – ширина острия, $b_T=b_1$, м; f – коэффициент трения, P – сила сопротивления дроблению почвы, Н; ρ – плотность почвы, $\rho = 1,37$ г/м³ [Р]; W – влажность почвы, $W=16\%$; V_a – скорость движения агрегата, м/с; h_{ch} – глубина рыхления, м

l_u – длина рабочего органа, м; q_0 , q_e – переднее и боковое удельное давление почвы на стойку, Н; t_y – толщина стойки, м; b_y – ширина стойки, м.

Для дальнейших расчетов нами принята величина угла заострения стойки глубокорыхлителя равная $\beta_c=300$.

Подставляя в выражение (6) значения ширины

рабочего органа b_1 и глубины обработки h_{ch} определено общее тяговое сопротивление глубокорыхлительного рабочего органа $R=0,289$ кН.

Для определения тягового сопротивления глубокорыхлительного рабочего органа выведена следующее выражение:

Для оценки эффективности разработанного технического решения изготовлен опытный образец культиватора, оборудованный рабочими органами глубокого рыхления и предназначенный для междурядной обработки хлопчатника. В ходе полевых испытаний оценивались качество выполнения технологического процесса, эксплуатационные показатели агрегата, а также технико-экономическая эффективность его применения.

В ходе полевых испытаний проведена оценка работоспособности разработанного культиватора, оборудованного рабочими органами глубокого рыхления (рис. 3).

Результаты проведенных расчетов показали, что использование разработанного культиватора, оснащенного рабочими органами глубокого рыхления, в условиях фермерских хозяйств позволяет снизить трудозатраты до 51 % и общие эксплуатационные затраты до 32 % по сравнению с применяемой технологией.

Экономический расчет показал, что годовой экономический эффект от применения разработанного культиватора составляет 28 907 205,6 сум. Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения разработанной конструкции для совмещения междурядной обработки и глубокого рыхления почвы, сокращения количества технологических проходов и рационального использования трудовых и энергетических ресурсов.

Таким образом, разработанный культиватор-глубокорыхлитель обеспечивает не только выполнение агротехнических требований при возделывании хлопчатника, но и повышение ресурсосберегающей и экономической эффективности технологии его междурядной обработки.



Рис. 3. Проведение полевых испытаний культиватора, оборудованного разработанными рабочими органами глубокого рыхления

Выводы

1. Установлено, что увеличение числа проходов машинно-тракторного агрегата при выполнении глубокого рыхления междурядий приводит к дополнительному уплотнению почвы, увеличению энергетических затрат и расхода топлива. В связи с этим разработан культиватор-глубокорыхлитель, позволяющий совмещать междурядную обработку и глубокое рыхление почвы за один проход.

2. Обосновано, что при ширине междурядий хлопчатника 90 см рациональная глубина глубокого рыхления составляет ($h_{ch}=30-35$) см. Такая глубина обработки способствует улучшению водно-воздушного режима почвы и создает благоприятные условия для развития корневой системы хлопчатника при сохранении необходимой защитной зоны растений.

3. Теоретически и экспериментально обоснованы основные конструктивно-технологические параметры рабочего органа глубокорыхлителя: угол входа в почву (30–350), ширина долота 50 мм, длина рабочей поверхности не менее 12,3 см и угол заострения стойки (27–330). Установленные параметры обеспечивают требуемое качество глубокого рыхления почвы в соответствии с агротехническими требованиями.

4. Результаты производственных испытаний показали, что применение культиватора, оборудованного разработанными рабочими органами глубокого рыхления, позволяет снизить затраты труда до 51 % и общие эксплуатационные затраты до 32 %. Расчетный годовой экономический эффект от применения разработанного культиватора составляет 28 907 205,6 сум.

Литература

- [1] Худойбердиев Т.С., Болтабоев Б.Р., Абдуллаев Д.А., Абдуманнопов А.М., Холдаров М.Ш. Чопик культиватори [Патент UZ FAP 01897] // Расмий ахборотнома. – 2022. – № 5.
- [2] Худойбердиев Т.С., Турсунов Б.Н., Муродов Р.Х., Раззаков Б.А., Абдуллаев О.О., Калашников В.А., Абдуманнопов А.М., Юлдашев Р.Р., Холдаров М.Ш. Тупрокка чуқур ишлов берувчи юмшатгич [Патент UZ FAP 02147] // Расмий ахборотнома. – 2022. – № 12-1.
- [3] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Определение тягового сопротивления рабочего органа для глубокого рыхления междурядий хлопчатника // Иригация и мелиорация. – 2022. – № 2(28). – С. 48–52.
- [4] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Способ регулировки рабочих органов глубокорыхлителя комбинированного культиватора // Universum: технические науки: электронный научный журнал. – 2022. – № 5(98). – С. 56–59.
- [5] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Методика исследования рабочих органов для обработки междурядий хлопчатника // Машиностроительный научно-технический журнал. – 2022. – № 1. – С. 111–115. – ISSN 2181-1539.
- [6] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Sectional cultivator for processing between rows to develop a design of a deep softener // International Academy of Theoretical & Applied Sciences. – Philadelphia, USA, 2022. – № 3(107). – P. 301–305.
- [7] Холдаров М.Ш. Результаты испытаний культиватора для обработки междурядий, оборудованного рабочими органами глубокого рыхления // Материалы международной научно-технической конференции «Перспективы устойчивого развития сельского хозяйства на основе инновационных технологий в условиях глобального изменения

References

- [1] Khudoyberdiev T.S., Boltaboev B.R., Abdullaev D.A., Abdumannopov A.M., Kholdarov M.Sh. Inter-row cultivator [Patent UZ FAP 01897] // Official Bulletin. – 2022. – No. 5.
- [2] Khudoyberdiev T.S., Tursunov B.N., Murodov R.Kh., Razzakov B.A., Abdullaev O.O., Kalashnikov V.A., Abdumannopov A.M., Yuldashev R.R., Kholdarov M.Sh. Deep soil loosening implement [Patent UZ FAP 02147] // Official Bulletin. – 2022. – No. 12-1.
- [3] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Determination of the draft resistance of a working tool for deep loosening of cotton inter-rows // Irrigation and Land Reclamation. – 2022. – No. 2(28). – P. 48–52.
- [4] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Method for adjusting the working tools of a combined cultivator's deep-loosening unit // Universum: Technical Sciences: Electronic Scientific Journal. – 2022. – No. 5(98). – P. 56–59.
- [5] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Methodology for investigating working tools for cotton inter-row cultivation // Mechanical Engineering Scientific and Technical Journal. – 2022. – No. 1. – P. 111–115. – ISSN 2181-1539.
- [6] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Sectional cultivator for processing between rows to develop a design of a deep softener // International Academy of Theoretical & Applied Sciences. – Philadelphia, USA, 2022. – No. 3(107). – P. 301–305.
- [7] Kholdarov M.Sh. Test results of an inter-row cultivator equipped with deep-loosening working elements // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Prospects for Sustainable Agricultural Development Based on Innovative Technologies Amidst Global Climate Change». – Andijan, 2024. – May 24–25. – P. 524–528.
- [8] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Inter-row cultivation using a deep-loosening cultivator // Proceedings of the International Scientific and Practical

- климата». – Андижан, 2024. – 24–25 мая. – С. 524–528.
- [8] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Обработка междурядий культиватором-глубокорыхлителем // Материалы международной научно-практической конференции Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – Рязань, 2022. – 24 мая.
- [9] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Культиватор-глубокорыхлитель для обработки междурядий хлопчатника // Материалы международной научно-технической конференции «Мониторинг использования водных ресурсов в Приаральском регионе и разработка новых технологий наблюдения». – Нукус, 2022. – 24 мая. – С. 154–157.
- [10] Худойбердиев Т.С., Холдаров М.Ш. Усовершенствованный культиватор-глубокорыхлитель // Материалы республиканской научно-практической конференции «Развитие науки и инноваций и приоритетные направления». – Наманган, 2022. – 20–22 октября. – С. 73–75.
- [11] Худойбердиев Т.С., Абдуманнов А.М., Холдаров М.Ш. Фермерский, комбинированный пропашной культиватор-глубокорыхлитель // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные решения создания высокоэффективных сельскохозяйственных машин и повышения уровня использования технических средств». – Гулбахор, 2023. – 29 сентября. – С. 157–160.
- [12] Khudoyarov A.N., Ugli Kholdarov M.Sh., Khalilov M.M., Abdirakhmonov R.A., Mamadaliyev M.X., Abdimominov I.I., Karimova D.I., Yuldasheva M.A., Razzakov B.A., Shakarova D.R., Abduraimova M. Design and parametric optimization of a deep-loosening cultivator working body for cotton inter-row tillage // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2026. – Vol. 24, No. 3. – P. 713–727. – DOI: 10.22124/cjes.2026.9785.
- [13] Kholdarov, MS 2025, Development and justification of the parameters of a cultivator-deep loosener for inter-row cultivation of cotton. PhD dissertation, Andijan, p. 151.
- Conference of the P.A. Kostychev Ryazan State Agrotechnological University. – Ryazan, 2022. – May 24.
- [9] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Deep-loosening cultivator for cotton inter-row tillage // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Monitoring Water Resource Use in the Aral Sea Region and Developing New Observation Technologies». – Nukus, 2022. – May 24. – P. 154–157.
- [10] Khudoyberdiev T.S., Kholdarov M.Sh. Improved deep-loosening cultivator // Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference «Development of Science and Innovation and Priority Directions». – Namangan, 2022. – October 20–22. – P. 73–75.
- [11] Khudoyberdiev T.S., Abdumannopov A.M., Kholdarov M.Sh. Combined row-crop cultivator and deep-loosener for farms // Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Innovative Solutions for Creating High-Efficiency Agricultural Machinery and Improving the Utilization of Technical Equipment». – Gulbakhor, 2023. – September 29. – P. 157–160.
- [12] Khudoyarov A.N., Ugli Kholdarov M.Sh., Khalilov M.M., Abdirakhmonov R.A., Mamadaliyev M.X., Abdimominov I.I., Karimova D.I., Yuldasheva M.A., Razzakov B.A., Shakarova D.R., Abduraimova M. Design and parametric optimization of a deep-loosening cultivator working body for cotton inter-row tillage // Caspian Journal of Environmental Sciences. – 2026. – Vol. 24, No. 3. – P. 713–727. – DOI: 10.22124/cjes.2026.9785.
- [13] Kholdarov, MS 2025, Development and justification of the parameters of a cultivator-deep loosener for inter-row cultivation of cotton. PhD dissertation, Andijan, p. 151.

Сведения об авторах

Information about the authors

Холдаров Мухаммаджон Шохрухбекович кандидат технических наук старший преподаватель кафедры «Сельскохозяйственная техника и технический сервис» Андижанский институт сельского хозяйства и агротехнологий 170600, Республика Узбекистан, Куйган-Ёр пос., ул. Олийгох куча 1 уй. Тел.: +998 (97) 993-03-63 E-mail: mukhammadjon1007@mail.ru	Kholdarov Mukhammadjon Shokhrukhbekovich PhD in Technical Sciences Senior Lecturer of the Department «Agricultural machinery and technical service» Andijan Institute of Agriculture and Agrotechnologies Phone: +998 (97) 993-03-63 E-mail: mukhammadjon1007@mail.ru
---	---