



УДК

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРЕБНЕЙ ГРЕБНЕДЕЛАТЕЛЯМИ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Б.Е. Калимбетов

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
Шымкент, Казахстан

А. Тухтакузиев

Узбекский НИИ механизации и электрификации сельского хозяйства
Ташкент, Узбекистан

М. Кожабаев

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
Шымкент, Казахстан

Г. Алпамысова

Южно-Казахстанский государственный педагогический университет
Шымкент, Казахстан

Г.С. Кенжибаева

Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
Шымкент, Казахстан

Аннотация

В статье приведены результаты исследования по разработке новой технологии подготовки полей из-под овощных и технических культур к посеву и посадке ультраранних сортов овощных культур и опытно-конструкторских работ по созданию экспериментального образца комбинированного агрегата для формирования новых гребней вместо существующих гребней., одновременным полосным подпахотным рыхлением по линии высадки рассады с локальным двухъярусным внесением удобрений.

В конструкции комбинированного агрегата для минимальной обработки почвы вместо гребнеделателей отвальной формы использованы сферические диски, в результате этого каждый гребень формируется двумя противоположно установленными дисками. Агрегат проводит интенсивное крошение почвы и уничтожение сорняков, измельчение растительных остатков, перемешивание слоев почвы, заделка удобрений в зоне будущих рядков посадки рассады овощных культур под мульчирующей пленкой и выравнивание поверхности почвы для расстила мульчирующей пленки на сформированных гребнях. При применении агрегата отпадает необходимость проведения традиционных приемов по боронованию, планировке, чизелеванию, малованию почвы, путем совмещения операций обработки почвы и внесения удобрений за один проход почвообрабатывающего

агрегата.

Приведены результаты теоретических исследований процесса формирования гребней рабочими органами в виде сферических дисков.

Ключевые слова: комбинированный агрегат, сферические диски, диаметр диска, радиус кривизны диска, рабочая поверхность диска, гребень, частицы почвы, движение частицы, угол установки, скорость движения

RIDGE DEVELOPMENT STUDY BY COMBINE RIDGE FILLERS FOR SOFT SOIL TREATMENT

Kalymbetov B.E.

M.Auezov South Kazakhstan State University
Shymkent, Kazakhstan

Tuhtahujaev A.

Uzbek Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture
Tashkent, Uzbekistan

Kozhabayev M.

M.Auezov South Kazakhstan State University
Shymkent, Kazakhstan

Alpamysova G.

South Kazakhstan State Pedagogical University
Shymkent, Kazakhstan

Kenzhibaeva G.S.

M.Auezov South Kazakhstan State University
Shymkent, Kazakhstan

ABSTRACT

The article presents the results of the research on the development of new technology for preparing fields from vegetable and industrial crops for sowing and planting ultra-early varieties of vegetable crops and development work on creation of an experimental sample of a combined unit for the formation of new ridges instead of existing ridges, subsoil loosening along the planting line with local two-tier fertilization.

In the design of the combined unit for minimum tillage, instead of the tailing molds, spherical discs are used, as a result, each ridge is formed by two oppositely mounted discs. The unit conducts intensive crumbling of the soil and destruction of weeds, grinding of plant residues, mixing soil layers, planting fertilizers in the zone of future rows of planting vegetable crops under a mulching film and leveling the soil surface for spreading the mulch film on the formed ridges. When using the unit, there is no need to carry out traditional methods of harrowing, planning, chiseling, soil malation by combining the operations of tillage and fertilizer in a single pass tillage unit.

The results of theoretical studies of the formation of crests by the working bodies in the form of sferial discs are presented.

Key words: combined assembly, spherical disks, disk diameter, disk curvature radius, disk working surface, ridge, soil particles, particle motion, installation angle, movement speed

1. Введение

Овощеводство высокодоходная отрасль растениеводства [1]. При условии оптимального использования солнечных дней и почвенно-климатических условий южных регионов Южного Казахстана, возможно, в разы увеличить объем производства овощных культур [2].

Несмотря на увеличения урожая овощебахчевых культур, потребности населения Казахстана в них еще полностью не удовлетворяется, особенно для северных регионов страны. Реализационные цены овощных культур неоправданно высокие [2].

Основными сдерживающими факторами дальнейшего развития овощеводства являются большая трудоемкость и крайне малая механизация процессов возделывания овощных культур [3]. При этом, одной из основных проблем является качественная подготовка почвы и механизированная посадка рассады овощных культур в оптимальные агротехнические сроки, особенно, для ультраранних и ранних овощей [4].

Мировой опыт показывает, что применение высокоэффективных агротехнических мероприятий и высокопроизводительных технических средств позволяет снизить уровень затрат на 30...50%, минимизировать денежные затраты [5].

Поэтому проблема оптимального планирования агротехнических мероприятий и создания технических средств нового поколения для овощебахчевых культур в технологических процессах производства сельскохозяйственной продукции вполне востребована сельскохозяйственной наукой и аграрной практикой и соответствует целям интенсификации овощеводства [6].

2. Объект исследования и методы расчета

Объектом исследования являются комбинированный агрегат минимальной обработки почвы и его рабочие органы, сферические диски.

Методы расчета. Теоретические исследования по определению параметров сферического диска комбинированного агрегата проводились с использованием известных методов теоретической механики и математического анализа

2.1. Почвозащитная технология обработки почвы

Сущность технологии, разработанной нами, заключается в подготовке почвы для ее мульчирования в области рядка при помощи лент полиэтиленовой пленки с дальнейшей механизированной посадкой рассады овощебахчевых культур. Особенностью новой технологии и комбинированного агрегата заключается в том, что подготовка полей из-под овощных и технических культур к посеву и посадке ультраранних сортов овощных культур осуществляется путем формирования новых гребней вместо существующих гребней [7].

Технология формирования гребня вместо существующего без перемещения почвы по сравнению с существующими технологиями требует значительно меньше энергии [8].

В ранний весенний период с помощью нового, разработанного нами, комбинированного агрегата, для предпосадочной подготовки, почвы проводятся интенсивное крошение почвы и уничтожение сорняков, измельчение растительных остатков, перемешивание слоев почвы, заделка удобрений в зоне будущих рядков посадки рассады овощных культур под мульчирующей пленкой и выравнивание поверхности почвы для расстила мульчирующей пленки на сформированных гребнях.

Отпадает необходимость проведения традиционных приемов по боронованию, планировке, чизелеванию, малованию почвы, путем совмещения технологических операций безотвальной обработки почвы в зоне посадки рассады овощных культур, приемов полосного подпахотного рыхления по линии высадки рассады, локального двухъярусного внесения удобрений, подготовки почвы к посеву и посадке рассады овощебахчевых культур.

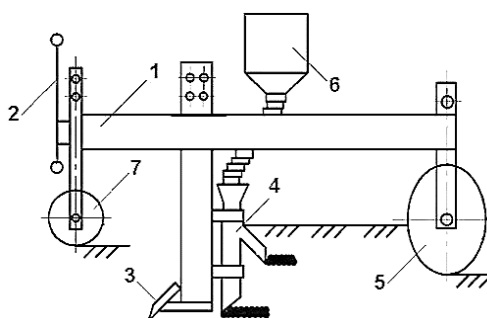
В комбинированном агрегате для минимальной обработки почвы нами в качестве гребнеделателей использованы сферические диски и каждый гребень формируется двумя противоположно установленными дисками.

Исследования процесса формирования гребней

В процессе предварительных испытаний сигнального образца комбинированного агрегата обнаружено формирование неустойчивых и небольших по высоте гребней, и неровностей почвы. На основе проведенных теоретических исследований образования гребней определено, что частицы почвы, сходящие с дисков, падают в середину расстояния между ними, и гребень образуется за счет осыпания почвы под углом естественного откоса, в результате исследований определены условия формирования устойчивых и высоких гребней.

На основании этих положений о комбинированном агрегате минимальной обработки почвы авторы вместо гребнеделателей отвальной формы использовали сферические диски, в результате этого каждый гребень формируется двумя противоположно установленными дисками. Определено, что дальность отброса частиц почвы, сходящих с диска, зависит от диаметра диска, радиуса кривизны и угла установки его относительно направления движения и скорости движения агрегата. Теоретическим и экспериментальным путем определен диаметр диска, радиус его кривизны и угла установки, а также место сферического диска на раме агрегата.

В комбинированном агрегате для минимальной обработки почвы нами в качестве гребнеделателей вначале были использованы малые рабочие органы в форме отвала, впоследствии они были заменены на сферические диски; в этом случае каждый гребень формируется двумя противоположно установленными дисками, как отмечено выше. Ниже приведен расчет по определению рациональных параметров рабочих органов комбинированного агрегата (рис.1).



1 - рама; 2 - навеска; 3 - рыхлительная лапа; 4 - сошник для ленточного двухслойного внесения удобрений; 5 - сферический диск

Рисунок 1. Схема комбинированного агрегата

2.2. Методы расчета формирования гребней сферическим диском.

Приведем результаты теоретических исследований по образованию гребней сферическим диском за счет осыпания почвы под углом естественного откоса в целях формирования устойчивых и больших по высоте гребней.

Взаимодействующие с сферическими дисками частицы почвы после схода с них

переходят на свободный полет с начальной скоростью V_A и через некоторое время, падая в зону обработанную рыхлителем агрегата, образуют гребень (рис.2).

На основе известных положений теоретической механики [9], запишем

$$V_A = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}, \quad (1)$$

где V_x , V_y и V_z - проекции начальной скорости частицы V_A на оси координат X , Y и Z .

Из схем, приведенных на рисунках 2 и 3, получим

$$V_x = V_n - V_r^T (\cos \varphi_T \sin \alpha_T \cos \beta - \sin \varphi_T \sin \beta) - V_e^T \cos \alpha_T \cos \beta; \quad (2)$$

$$V_y = V_r^T (\sin \varphi_T \cos \beta + \cos \varphi_T \sin \alpha_T \sin \beta) + V_e^T \cos \alpha_T \sin \beta; \quad (3)$$

$$V_z = V_e^T \sin \alpha_T - V_r^T \cos \varphi_T \cos \alpha_T, \quad (4)$$

где V_n - поступательная скорость движения диска (агрегата), м/с;

V_r^T - относительная скорость частицы в момент схода с диска, м/с;

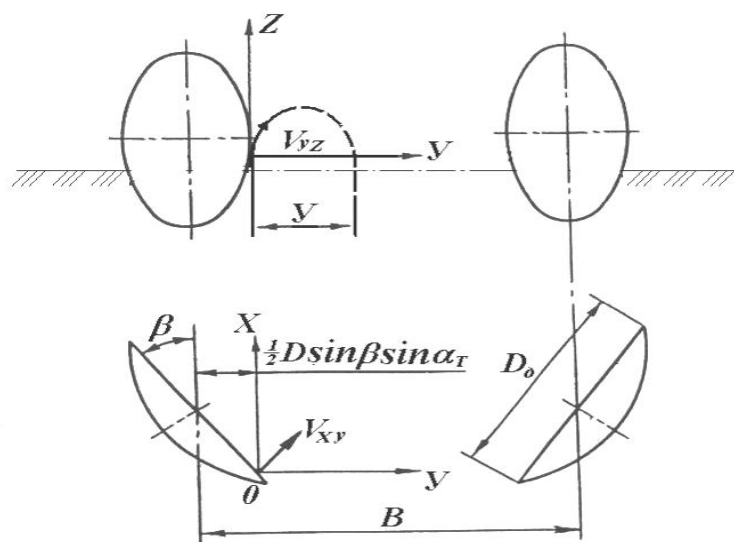


Рисунок 2. Схема формирования гребня с сферическими дисками

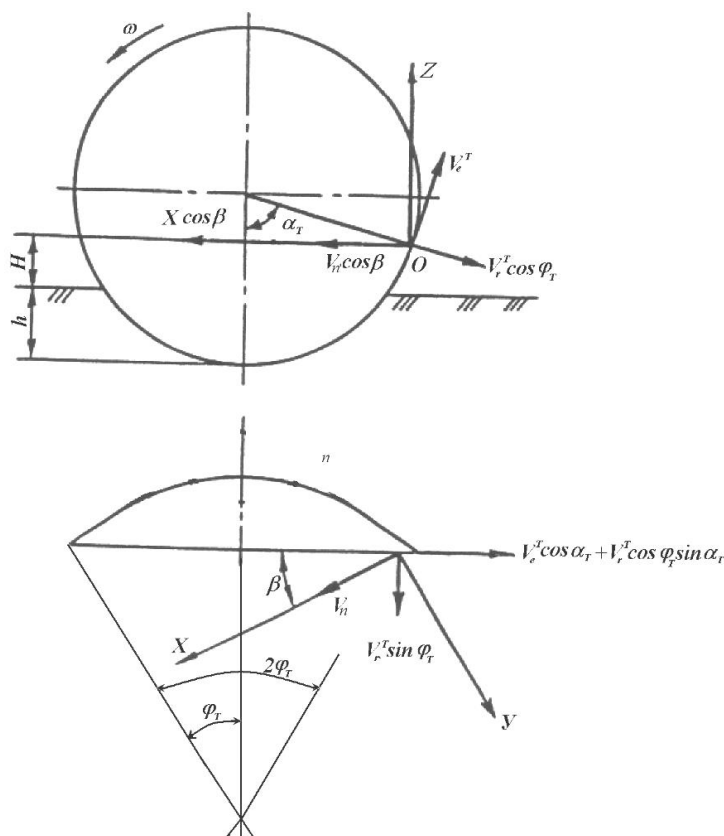


Рисунок 3. Схема к определению составляющих скорости V_A по оси координат X , Y и Z

V_e^T – переносная скорость частицы в момент схода с диска, м/с;

β – угол установки диска относительно направлению движения, градус;

φ_T – центральный угол диска, градус;

α_T – угол поворота диска относительно вертикальной оси в момент схода частицы с его рабочей поверхности, градус.

На основе проведенных ранее исследований [10], запишем

$$\begin{aligned}
 V_r^T = & \left\{ -e^{2f(\varphi_0 - \arcsin(R_0/R))} \left[\frac{6fgR}{(1+4f^2)} \cos \varphi_0 \cos \alpha_T + 2gR \left(\frac{1-2f^2}{1+4f} \right) \sin \varphi_0 \cos \alpha_T + \right. \right. \\
 & + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \left(\frac{\sin 2\varphi_0}{f} - \sin^2 \varphi_0 \right) \left. \right] + \frac{6fg\sqrt{R^2 - R_0^2}}{1+4f^2} \cos \alpha_T + 2gR_0 \left(\frac{1-2f^2}{1+4f} \right) \cos \alpha_T + \\
 & \left. + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \left[\frac{2R_0\sqrt{R^2 - R_0^2}}{fR^2} - \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} ; \tag{5}
 \end{aligned}$$

$$V_e^T = V_n \cos \beta \tag{6}$$

$$\cos \varphi_T = \frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R} \tag{7}$$

$$\sin \varphi_T = \frac{R_0}{R}. \tag{8}$$

где R – радиус сферы диска, м; R_0 – радиус диска, м; φ_0 – начальный центральный

угол, градус; f -коэффициент внешнего трения почвы.

С учетом выражений (5-8) выражения (2-4) примут следующий вид

$$V_x = V_n - \left\{ -e^{2f(\varphi_0 - \arcsin(R_0/R))} \left[\frac{6fgR}{(1+4f^2)} \sin \varphi_0 \cos \alpha_T + 2gR \left(\frac{1-2f^2}{1+4f} \right) \sin \varphi_0 \cos \alpha_T + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \right. \right. \\ \left. \left. \left(\frac{\sin 2\varphi_0}{f} - \sin^2 \varphi_0 \right) \right] + \frac{6fg\sqrt{R^2 - R_0^2}}{1+4f^2} \cos \alpha_T + 2gR_0 \left(\frac{1-2f^2}{1+4f^2} \right) \cos \alpha_T + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \right. \\ \left. \left[\frac{2R_0\sqrt{R^2 - R_0^2}}{fR^2} - \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R} \sin \alpha_T \cos \beta - \frac{R_0}{R} \sin \beta \right) - V_n \cos \alpha_T \cos^2 \beta; \quad (9)$$

$$V_y = \left\{ -e^{2f(\varphi_0 - \arcsin(R_0/R))} \left[\frac{6fgR}{(1+4f)} \cos \varphi_0 \cos \alpha_T + 2gR \left(\frac{1-2f^2}{1+4f^2} \right) \sin \varphi_0 \cos \alpha_T + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \right. \right. \\ \left. \left. \left(\frac{\sin 2\varphi_0}{f} - \sin^2 \varphi_0 \right) \right] + \frac{4fg\sqrt{R^2 - R_0^2}}{1+2f} \cos \alpha_T + 2gR_0 \left(1 + \frac{4f^2}{1+2f} \right) + V^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \right. \\ \left. \left[\frac{2R_0\sqrt{R^2 - R_0^2}}{fR^2} - \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \left(\frac{R_0}{R} \cos \beta + \frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R} \sin \alpha_T \sin \beta \right) + \frac{1}{2} V_n \sin 2\beta \cos \alpha_T \quad (10)$$

и

$$V_z = V_n \cos \beta \sin \alpha_T - \left\{ -e^{2f(\varphi_0 - \arcsin(R_0/R))} \left[\frac{6fgR}{(1+4f^2)} \cos \varphi_0 \cos \alpha_T + 2gR \left(\frac{1-2f^2}{1+4f^2} \right) \right. \right. \\ \left. \left. \sin \varphi_0 \cos \alpha_T + V_n^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \left(\frac{\sin 2\varphi_0}{f} - \sin^2 \varphi_0 \right) \right] + \frac{6fg\sqrt{R^2 - R_0^2}}{1+4f^2} \cos \alpha_T + 2gR_0 \right. \\ \left. \left(1 + \frac{4f^2}{1+2f} \right) \cos \alpha_T + V^2 \frac{R^2}{R_0^2} \cos^2 \beta \left[\frac{2R_0\sqrt{R^2 - R_0^2}}{fR^2} - \left(\frac{R_0}{R} \right)^2 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \times \frac{\sqrt{R^2 - R_0^2}}{R} \cos \alpha_T. \quad (11)$$

В соответствии со схемой приведенной на рисунке 2, чтобы частицы, сходящие с дисков, образовали качественный гребень должно выполняться следующее условие

$$y = \frac{B - 2D_0 \sin \beta \sin \alpha_T}{2}, \quad (12)$$

где y – дальность отброса в поперечном направлении частиц почвы, сходящих с дисков, м;

B – поперечное расстояние между гребнями, м;

D_0 – диаметр диска, м.

При выполнении условия (12) частицы почвы, сходящие с дисков, падают в середину расстояния между ними и гребень образуется за счет осыпания почвы под углом естественного откоса. В результате формируется устойчивый и большой по высоте гребень.

Составляя и решая уравнения движения частиц, сходящих с дисков, в плоскости, перпендикулярной к направлению их движения, получим

$$y = V_y \frac{V_z + \sqrt{V_z^2 + 2Hg}}{2g}, \quad (13)$$

где H – высота размещения частицы, сходящей с диска, относительно поверхности поля, м.

С учетом схемы, показанной на рисунке 2, получим

$$H = R_0(1 - \cos \alpha_T) - h. \quad (14)$$

Подставляя выражение (14) в (13), приходим к выражению (15). С учетом выражений (10) и (11) из формулы (15) следует, что дальность отброса частиц почвы, сходящих с диска, а значит и выполнение условия (12), зависит от диаметра диска, радиуса кривизны и угла установки его относительно направления движения и скорости движения агрегата. Качественное формирование гребня при заданной скорости движения и параметров дисков, в основном, достигается путем изменения угла установки дисков относительно направления движения.

$$y = V_y \frac{V_z + \sqrt{V_z^2 + 2[R_0(1 - \cos \alpha_T) - h]g}}{g}. \quad (15)$$

Результаты и обсуждение

Итак, показано, что дальность отброса частиц почвы, сходящих с диска, а значит выполнение условия (12) зависит от диаметра диска, радиуса кривизны и угла установки его относительно направления движения и скорости движения агрегата, а также, что качественное формирование гребня, при заданной скорости движения и параметров дисков, достигается путем изменения угла установки дисков относительно направления движения.

Одним из важнейших звеньев в системе агротехнических мероприятий производства 3-х разового урожая овощей в течении года на открытом грунте является обработка почвы по почвозащитной технологии ее подготовки осенью, с целью высадки рассады овощебахчевых культур в ранние сроки. Успехи в возделывании овощных культур во многом зависят от сроков и качества обработки почвы, в свою очередь, от технологии ее проведения и совершенства конструкции машин.

Традиционные технологии агрономически и экономически не оправданы, так как снижают производительность труда, увеличивают расходы труда и средств, производят уплотнение почвы, затягивают сроки подготовки почвы, интенсивно высушивают почву, что влечет за собой снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Существующие технические средства не позволяют подготовить почву и производить посадки ультраранних сортов овощных культур на перфорированной пленке в оптимальные агротехнические сроки, в результате чего получается поздний урожай

За счет применения предлагаемого комбинированного орудия образуется существенный экономический эффект, в основном, за счет повышения производительности труда. Повышение производительности орудия происходит в следствии совмещения операций обработки почвы и внесения удобрений за один проход почвообрабатывающего агрегата.

Совмещение операций в одном орудии уменьшает количество проходов по полю агрегата, что с одной стороны уменьшает расход топлива агрегатом, их амортизацию и трудозатраты, а с другой стороны существенно уменьшает уплотнение плодородного слоя почвы, тем самым она такая обработка почвы становится почвозащитной [11].

Заключение и выводы

В соответствии с календарным планом в научном центре «Механизация и автоматизация сельского хозяйства» Южно-Казахстанского государственного

университета имени М. Ауэзова авторами разработана новая агротехнология и для ее реализации проведены исследования на основе грантового финансирования научно-технической программы BR 05236680 Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан на 2018-2020 годы². В рамках этих исследований разработана конструкция комбинированного агрегата, обеспечивающего качественную подготовку почвы к высадке рассады овощных культур для получения ультрараннего урожая, путем повышения плодородия почвы, учитывая, что овощные культуры отзывчивы на использование органо-минеральных удобрений.

² Договор №284 от 03.03.от 2 марта 2018 г./ BR05236680 «Интенсификация производства овощей путем реализации агротехнических мероприятий получения 3-х разового урожая, и разработка комплекса сельскохозяйственных машин и агрегатов для этой цели в условиях Южно-Казахстанской области».

Список литературы

1. Дадобоев Ю. Развития аграрного сектора Республики Узбекистан с учетом опыта США,-Ташкент,2009. -С. 241-250.
2. Калимбетов Б.Е. Отчет НИР по теме: №293 “BR05236680 «Интенсификация производства овощей путем реализации агротехнических мероприятий получения 3-х разового урожая, и разработка комплекса сельскохозяйственных машин и агрегатов для этой цели в условиях Южно-Казахстанской области», промежуточный отчет за 2018 год, С. 13-17
3. Голиков В. А., Усманов, А.С. Рзалиев А.С. Состояние технического обеспечения Агропромышленного комплекса и сельскохозяйственного машиностроения в Казахстане. Научно-аналитический обзор, Алматы, 2015
4. Хазимов М. Отчет НИР по теме: №5146/ГФ4 “Интенсификация производства овощей путем разработки комплекса машин для ресурсосберегающей технологии”, промежуточный за 2015год, С. 8-26.
5. Хазимов Разработка двухсторонней посадочной и мульчирующей машины для рассады овощей [Development of a dual action planting and mulching machine for vegetable seedlings] //Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2018. - Vol. 11,№ 2. - P. 74-77.
6. Kalymbetov B., Kenzhibayeva, G. Karmanov D., Tukhtakuziyev A., Kablan B. Justification parameters of the ripper tooth of combined unit for minimum tillage //EuroAsian Journal of BioSciences, 2019. -Vol. 13. - P. 341-347.
7. Маматов Ф.М., Худаяров Б. М, Новая технология и энергосберегающий агрегат для подготовки почвы к посеву хлопчатника на гребнях //European Applied Sciences - Stuttgart (Germany), 2015. - №7.-P.53-55.(05.00.00; №2).
8. Худаяров Б. М., Маматов Ф. М. Выбор формы направляющей кривой гребнеделателя комбинированного агрегата//European Applied Sciences , 2015. - №7.-P.59-62.
9. Ермаков Б. Е., Асриянц А.А., Борисевич В.Б., Кольцов В.И. Теоретическая механика. - Москва, Ротапринт МАДИ(ГТУ), 2007, 345 с.
10. Тухтакузиев А., Худоев А.Н. Теория движения частиц почвы по рабочей поверхности сферического диска // Agroilm. - Ташкент, 2007. - № 4. - С. 35-38.
11. Калимбетов Б. Е. Агротехнологические машины // Учебник для ВУЗов МОН РК (рекомендованный РУМС), 2015, Шымкент, 44-68 с.

References

1. Dadoboev Yu. Development of the agricultural sector of the Republic of Uzbekistan taking into account the experience of the USA. Tashkent, 2009, pp. 241-250. (In Russian)
2. Kalimbetov B.E. Report research on the theme: №293 "BR05236680 "Intensification vegetable production through the implementation of land treatment measures receiving 3 meals a day of harvest, and development of agricultural machines and aggregates for this purpose in the conditions of South Kazakhstan region", interim report for 2018, P. 13-17. (In Russian)
3. Golikov V.A., Usmanov, A.S. Rzaliev A.S. As technical support of the Agricultural complex and agricultural machinery in Kazakhstan. Scientific and analytical review, Almaty, 2015. (In Russian)
4. Khasimov M. Report of research on the topic: No. 5146/ГФ4 "Intensification of vegetables production by developing complex machinery for resource-saving technologies", interim report for 2015, pp. 8-26. (In Russian)
5. Khasimov M. Development of a dual action planting and mulching machine for vegetable seedlings. Engineering in Agriculture, Environment and Food, 2018. Vol. 11, № 2, P.74-77. (In Russian)
6. Kalymbetov B., Kenzhibayeva, G. Karmanov D., Tukhtakuziyev A., Kablan B. Justification parameters of the ripper tooth of combined unit for minimum tillage. EuroAsian Journal of BioSciences, 2019. Vol. 13, P. 341-347. (In Russian)
7. Mamatov F.M., Khudayarov B.M, New technology and energy-saving unit for soil preparation for cotton sowing on crests. European Applied Sciences - Stuttgart (Germany), 2015. №7, P.53-55. (05.00.00; №2). (In Russian)
8. Khudayarov B.M. Mamatov F.M. The choice of the shape of curve ridges fillers combination unit. European Applied Sciences, 2015. №7, P. 59-62. (In Russian)
9. Ermakov B.E., Asriyants A.A., Borisevich V.B. Koltsov V.I., Theoretical mechanics. Moscow: Rotaprint of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), 2007, 345 p. (In Russian)
10. Tukhtakuziev A., Khudoerov A.N. Theory of motion of soil particles on the working surface of a spherical disk. Agroilm.. Tashkent, 2007, № 4, P. 35-38. (In Russian)
11. Kalimbetov B.E. Agricultural and technological machines. Textbook for Universities, Ministry of education (recommended by REMC), 2015, Shymkent, P. 44-68. (In Russian)