

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИЛЫ, ТРЕБУЕМОЙ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ ГРЕБНЕВОЙ СЕЯЛКИ

Зыкин Евгений Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Курдюмов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»

Смирнов Алексей Сергеевич, студент инженерного факультета
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 8(8422)55-95-95;
e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Ключевые слова: энергосбережение, энергия, технология, почва, растениеводство, возделывание.

Разработана гребневая сеялка, на каждой секции которой установлены лапа-сошник, рабочие органы с плоскими дисками и каток-гребнеобразователь. Применение гребневой сеялки позволяет одновременно выполнить предпосевную подготовку почвы под посев, высев семян, образование над высеянными семенами бугорка почвы, уплотнение бугорка почвы с трех сторон, а также окончательное формирование гребня почвы требуемых размеров и плотности почвы в нем. В статье рассмотрен процесс формирования гребня почвы рабочими органами гребневой сеялки, а также теоретически обоснована сила, требуемая на перемещение гребневой сеялки с агротехнически заданной скоростью. В процессе теоретических исследований выявлено, что при движении гребневой сеялки по полю на ее опорно-приводные колеса действует дополнительная вертикальная нагрузка – вес рамы, установленные на раме семенные бункеры и высевающие аппараты, а каждая посевная секция в процессе прямолинейного движения гребневой сеялки работает в «плавающем» режиме. Следовательно, вес посевной секции с установленными на ней рабочими органами на опорно-приводные колеса гребневой сеялки существенного влияния не оказывает, и им можно пренебречь. Вес грядилы посевной секции с установленным на нем комплектом рабочих органов действует на опорное колесо посевной секции, а рыхление почвы лапой-сошником и рабочими органами с плоскими дисками происходит без оборота пласта. Дополнительная вертикальная нагрузка, которая создается сжатием пружины катка-гребнеобразователя, равномерно распределяется на прикапывающие кольца и сферические диски. Теоретические изыскания процесса посева по энергосберегающей технологии позволили уточнить, что сила, требуемая на перемещение сеялки с агротехнически заданной скоростью, зависит от веса рамы сеялки и ее секций, глубины погружения в почву рабочих органов сеялки, геометрических параметров колес, рабочих органов и также физико-механических свойств почвы.

Введение

В настоящее время в Российской Федерации применяют технологии возделывания пропашных культур, которые основаны на сокращении числа реализуемых технологических операций, замене основной обработки почвы поверхностной, технологиях прямого посева, масштабном применении гербицидов и комбинированных сельскохозяйственных орудий [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Из практического опыта известно, что современные комбинированные орудия не в полной мере обеспечивают реализацию всех агротехнических требований, которые предъявляют к гребневому возделыванию пропашных культур, особенно по энергосберегающим технологиям.

Значителен вклад ведущих ученых страны в решение проблемы энерго- и ресурсосбережения при гребневом возделывании пропашных культур и в разработку технических средств, которые обеспечивают качественное выполне-

ние технологических операций, однако в теории расчета силы, требуемой на перемещение гребневой сеялки с агротехнически выгодной скоростью, остаются вопросы, не решенные до настоящего времени. Кроме того, не все известные теоретические и экспериментальные исследования можно применить для гребневой сеялки с плоскими дисками.

Таким образом, проблема разработки энерго- и ресурсосберегающей безгербицидной технологии посева пропашных культур и конкурентных технических средств, способных за один проход качественно выполнить предпосевную культивацию, посев и формирование гребней почвы, обеспечив высокие технико-экономические показатели, является актуальной, важной и значимой для развития страны.

Объекты и методы исследований

Для предпосевной обработки почвы и посева пропашных культур по предлагаемой энергосберегающей технологии [10] разработана гребневая сеялка [11] (рис. 1), которая одно-

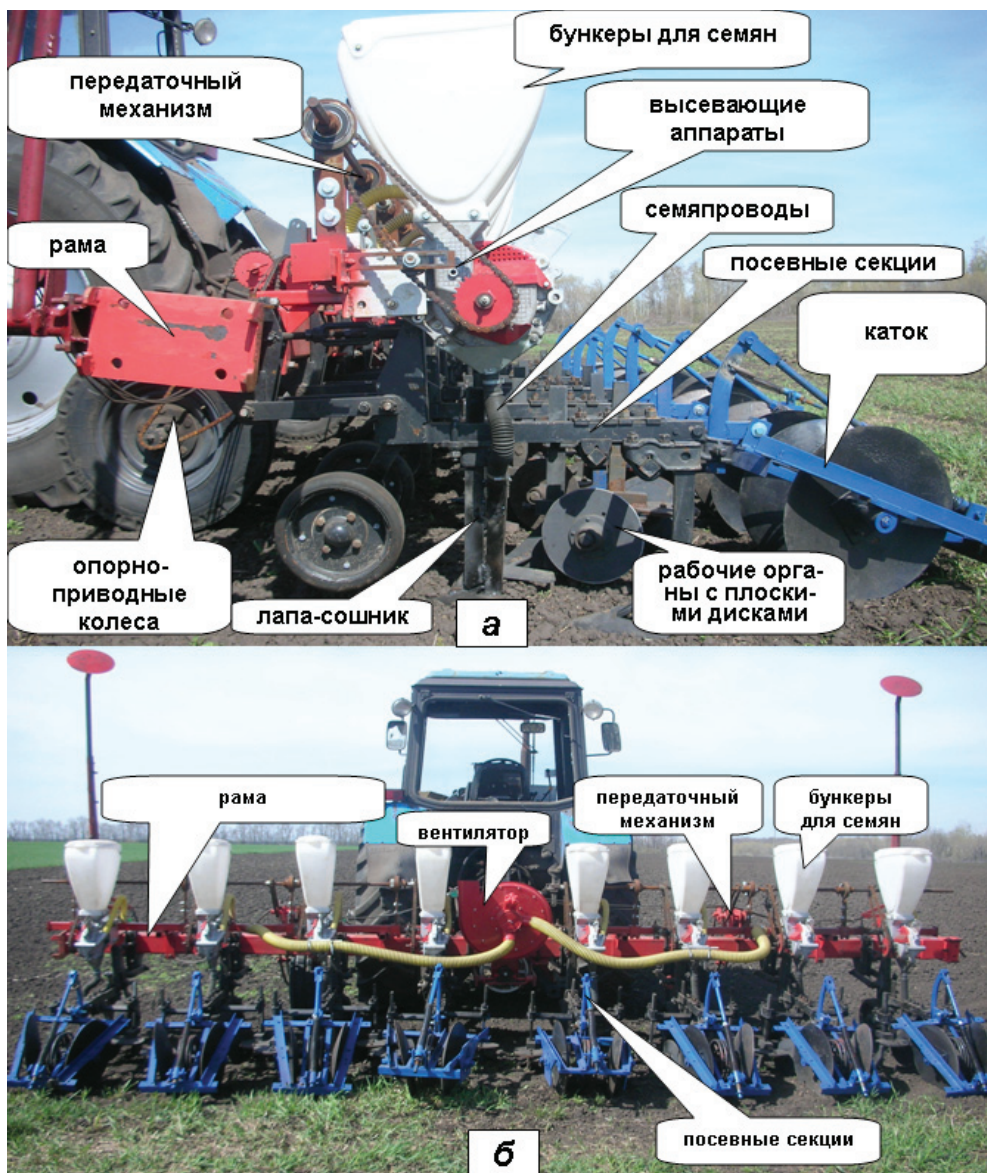


Рис. 1 – Гребневая сеялка: а – вид сбоку; б – вид сзади

временно выполняет рыхление верхнего слоя почвы, подрезание сорняков, высев семян и формирование над строчками посева гребней почвы требуемых размеров и плотности почвы. Каждая секция сеялки оснащена лапой-сошником, парой рабочих органов с плоскими дисками и одним катком-гребнеобразователем (рис. 2).

Результаты исследований

При движении гребневой сеялки по полю на ее опорно-приводные колеса действует дополнительная вертикальная нагрузка – вес рамы, а также установленные на раме семенные бункеры и высевающие аппараты.

Сила, H , требуемая на перемещение гребневой сеялки,

$$T_{гс} = T_{опк} + T_{пс} n_{пс} \quad (1)$$

где $T_{опк}$ – сила, требуемая на перемещение опорно-приводных колес сеялки, H ; $T_{пс}$ – сила, требуемая на перемещение секций, H ; $n_{пс}$ – количество секций, шт.

Силу, требуемую на перемещение опорно-приводных колес сеялки, можно определить по эмпирической формуле [12]:

$$T_{опк} = 0,86 n_{опк} \sqrt[3]{\frac{(G_{опк} + G_p)^4}{q b_{опк} D_{опк}^2}}, \quad (2)$$

где $n_{опк}$ – количество опорно-приводных колес, шт.; $G_{опк}$ – вес опорно-приводных колес, H ; G_p – вес рамы, H ; $b_{опк}$ – ширина одного опорно-приводного колеса, m ; $D_{опк}$ – диаметр одного опорно-приводного колеса, m .

Каждая секция сеялки при прямолиней-

ном движении работает в «плавающем» режиме и копирует рельеф поверхности поля. Следовательно, вес секции с установленными на ней рабочими органами на опорно-приводные колеса гребневой сеялки значительного влияния не оказывает, и им можно пренебречь, так как вес грядиля, а также смонтированные на нем лапа-сошник и два рабочих органа с плоскими дисками действуют на опорное колесо секции. Кроме того, лапа-сошник и стрельчатые лапы рабочих органов с плоскими дисками рыхлят почву без оборота пласта. Отбрасывание почвы с оборотом на высеянные семена осуществляют плоские диски. Следовательно, сила на перемещение одной секции гребневой сеялки

$$T_{\text{пс}} = T_{\text{ок}} + \left[f_{\text{сн}} G_{\text{гр}} + k_{\text{сн}} \left(h_{\text{пос}} b_{\text{лс}} + n_{\text{лр}} h_{\text{лр}} b_{\text{лр}} \right) + \varepsilon_{\text{сн}} n_{\text{пд}} F_{\text{У'W'X'}} v_c^2 \right] + T_{\text{к-г}}, \quad (3)$$

где $T_{\text{ок}}$ – сила, требуемая на перемещение опорного колеса секции, Н; $f_{\text{сн}}$ – коэффициент сопротивления перемещению секции; $G_{\text{гр}}$ – вес грядиля с установленными на нем рабочими органами, Н; $k_{\text{сн}}$ – удельное сопротивление почвы при культивации, Н/м²; $h_{\text{пос}}$ – глубина погружения в почву лапы-сошника, м; $b_{\text{лс}}$ – ширина лапы-сошника, м; $n_{\text{лр}}$ – количество стрельчатых лап, шт.; $h_{\text{лр}}$ – глубина погружения в почву стрельчатой лапы, м; $b_{\text{лр}}$ – ширина стрельчатой лапы, м; $\varepsilon_{\text{сн}}$ – коэффициент пропорциональности, который учитывает сопротивление почвы при ее отбрасывании, (Н·с²/м⁴); $n_{\text{пд}}$ – количество плоских дисков у рабочих органов, шт.; $F_{\text{У'W'X'}}$ – площадь поперечного сечения бороздки, образуемая каждым плоским диском при образовании бугорка почвы, м²; $T_{\text{к-г}}$ – сила, требуемая на перемещение катка-гребнеобразователя, Н.

Сила, требуемая на перемещение колеса секции,

$$T_{\text{ок}} = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{ок}}^4}{q b_{\text{ок}} D_{\text{ок}}^2}}, \quad (4)$$

где $G_{\text{ок}}$ – вес опорного колеса секции, Н; $b_{\text{ок}}$ – ширина опорного колеса секции, м; $D_{\text{ок}}$ – диа-

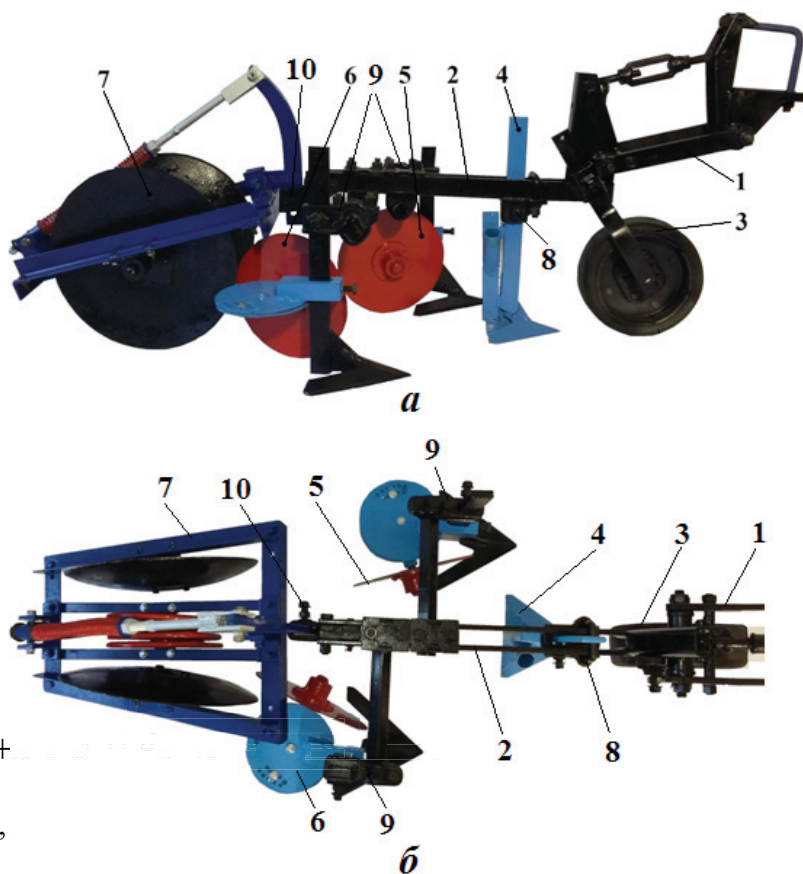


Рис. 2 – Секция гребневой сеялки: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – параллелограммный механизм; 2 – грядиль; 3 – опорное колесо; 4 – лапа-сошник; 5, 6 – рабочие органы с правым и левым плоскими дисками; 7 – каток-гребнеобразователь; 8, 9, 10 – держатели

метр опорного колеса секции, м.

Площадь поперечного сечения борозды, м², которую образует каждый плоский диск при формировании бугорка почвы при угле атаки $\alpha_{\text{пд}}^{\text{п}}$, определяют по формуле [13]:

$$F_{\text{У'W'X'}} = r_{\text{пд}} \left[\pi r_{\text{пд}} \frac{\theta_{\text{пд}}}{360^\circ} - \sin \frac{\theta_{\text{пд}}}{2} (r_{\text{пд}} - h_{\text{г}}) \right] \sin \alpha_{\text{пд}}^{\text{п}}. \quad (5)$$

Сила, Н, требуемая на перемещение катка-гребнеобразователя [14, 15, 16, 17],

$$T_{\text{к-г}} = 0,86 n_{\text{к}} \sqrt[3]{\frac{(G_{\text{к}} + 0,5G_{\text{к-г}})^4}{q \pi r_{\text{ск}} D_{\text{к}}^2}} + f_{\text{сд}} (G_{\text{сд}} + 0,5G_{\text{к-г}}) + n_{\text{сд}} \left[\rho g H_{\text{Б}}^2 \text{ctg} \gamma \text{tg} (\gamma + \varphi_2) \left(\frac{D_{\text{сд}} + 2H_{\text{Б}} \text{ctg} \gamma}{4} \frac{\Omega}{360} \right) + K_{\text{сд}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} + G^{\text{п}} \text{tg} \varphi_2 \right] + 2 \varepsilon_{\text{сн}} H_{\text{Б}} r_{\text{сд}} v_c^2. \quad (6)$$

Подставив выражения (4), (5) и (6) в выражение (3), определим силу, необходимую на перемещение одной секции сеялки:

$$T_{\text{не}} = 0,86 \sqrt[3]{\frac{G_{\text{ок}}^4}{q h_{\text{ок}} D_{\text{ок}}^2}} + \left\{ f_{\text{сн}} G_{\text{гр}} + k_{\text{сн}} (h_{\text{нос}} b_{\text{н}} + n_{\text{н}} h_{\text{гр}}) + \varepsilon_{\text{сн}} n_{\text{н}} v_{\text{с}}^2 \times \right. \\ \times \left[\pi r_{\text{сн}}^2 \frac{\theta_{\text{сн}}}{360} - r_{\text{сн}} \sin \frac{\theta_{\text{сн}}}{2} (r_{\text{сн}} - h) \right] \sin \alpha_{\text{сн}}^{\text{н}} \left. \right\} + 0,86 n_{\text{к}} \sqrt[3]{\frac{(G_{\text{к}} + 0,5 G_{\text{сг}})^4}{q \pi r_{\text{сн}} D_{\text{к}}^2}} + f_{\text{сн}} (G_{\text{сн}} + 0,5 G_{\text{сг}}) + \\ + n_{\text{сн}} \left[\rho g H_{\text{б}}^2 \text{ctg} \gamma \text{tg} (\gamma + \varphi_2) \left(\frac{D_{\text{сн}}}{4} + 2 H_{\text{б}} \text{ctg} \gamma \frac{\Omega}{360} \right) + K_{\text{сн}} H_{\text{б}} r_{\text{сн}} + G^{\text{н}} \text{tg} \varphi_2 \right] + \\ + 2 \varepsilon_{\text{сн}} H_{\text{б}} r_{\text{сн}} v_{\text{с}}^2. \quad (7)$$

Таким образом, на силу, требуемую на перемещение сеялки с необходимой скоростью $v_{\text{с}}$, влияют вес рамы $G_{\text{р}}$ и ее секций $G_{\text{гр}}$, глубина погружения лап-сошников $h_{\text{нос}}$ и стрелчатых лап $h_{\text{г}}$ в почву, геометрические размеры колес $b_{\text{опн}}$, $b_{\text{ок}}$, $D_{\text{опн}}$, $D_{\text{ок}}$, геометрические размеры рабочих органов $b_{\text{лс}}$, $b_{\text{гр}}$, $r_{\text{нд}}$, $r_{\text{сд}}$, $\alpha_{\text{нд}}^{\text{н}}$, $\alpha_{\text{сд}}$, а также физико-механические свойства почвы: q , $f_{\text{сн}}$, $k_{\text{сн}}$, $\varepsilon_{\text{сн}}$, γ и φ_2 .

Вывод

Формула (7) позволяет выявить соотношения между геометрическими размерами рабочих органов, глубиной обработки почвы и требуемой скоростью движения гребневой сеялки. При известных конструктивных параметрах и физико-механических свойствах почв разного типа можно определить силу, требуемую на перемещение гребневой сеялки, что дает возможность оптимизировать состав машинно-тракторного агрегата, а в итоге улучшить его технико-экономические показатели.

Библиографический список

1. Милюткин, В.А. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius – TX (Amazonen-Werke, JSC «Evrotekhnik») technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge / В.А. Милюткин, В.Э. Буксман // В сборнике: Агро-экологические аспекты устойчивого развития АПК. Материалы XIV Международной научной конференции, 2017. – С. 488-493.
2. Милюткин, В.А. Возможности повышения продуктивности сельхозугодий влагосберегающими технологиями высокоэффективной техникой «AMAZONEN-WERKE» / В.А. Милюткин, А.П. Цирулев // Материалы международной научно-практической конференции: Современное состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса. – Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева, 2016. – С. 220-224.
3. Милюткин, В.А. Энерго-ресурсо-влагосберегающие технологии в земледелии и рекомендуемые комплексы машин / В.А. Милюткин, С.А. Толпекин, В.В. Орлов // Материалы Международной научно-практической конференции: Стратегические ориентиры инновационного раз-

вития АПК в современных экономических условиях. – Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2016. – С. 232-236.

4. Милюткин, В.А. «Strip-Till» - энерго-ресурсо-влагосберегающая технология подготовки почвы для пропашных культур / В.А. Милюткин, В.В. Орлов // Материалы VII Международной научно-практической конференции: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. – Ульяновск: Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина, 2016. – С. 259-264.

5. Милюткин, В.А. Почвозащитные сельскохозяйственные технологии и техника для возделывания сельскохозяйственных культур / В.А. Милюткин, Н.В. Долгоруков // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. - № 3. – С. 37-44.

6. Возделывание сои в Ульяновской области: практические рекомендации / А.В. Дозоров, А.Ю. Наумов, Ю.В. Ермошкин, М.Н. Гаранин, А.В. Воронин, Ю.М. Рахимова. – Ульяновск: УГСХА им. П.А.Столыпина, 2014. – 59 с.

7. Емельянов, П.А. Теоретические и экспериментальные исследования дискового заделывающего органа лукопосадочной машины: монография / П.А. Емельянов, А.В. Сибирев, А.Г. Аксенов. – Пенза: Пензенская ГСХА, 2015. – 174 с.

8. Сыдык, Д.А. Рекомендация по ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых колосовых культур в условиях богарного земледелия южного Казахстана / Д.А. Сыдык, А.Д. Карабалаева, М.А. Сыдыков. – Шымкент: Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан, 2014. – 19 с.

9. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET (<http://www.cacilm.org/articles/detail/493>).

10. Патент 2612441 РФ, МПК А01С7/00. Способ гребневого посева пропашных культур / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, С.А. Долгов, А.В. Ерошкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА. - № 2016101307; заявл. 18.01.2016; опубл. 09.03.2017, Бюл. № 7.

11. Патент 2435353 РФ, МПК А01С7/00, А01В49/06. Гребневая сеялка / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА». - № 2010129256/13; заявл. 14.07.2010; опубл. 10.12.2011, Бюл. № 34.

12. Theoretical substantiation of ridger-seeder roll draught / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // Journal of Fundamental and

Applied Sciences. - Appl. Sci., 2017, 9(1S), 1945-1955 (WOS: 000413464300044).

13. Курдюмов, В.И. Обоснование расположения рабочих органов с плоскими дисками по ширине секции гребневой сеялки / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2014. - № 3 (39). - С. 143-147.

14. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. - М.:

Машиностроение, 1965. - 312 с.

15. Нартов, П.С. Дисковые почвообрабатывающие орудия / П.С. Нартов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1972. - 184 с.

16. Стрельбицкий, В.Ф. Дисковые почвообрабатывающие машины / В.Ф. Стрельбицкий. - М.: Машиностроение, 1978. - 135 с.

17. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин. - М.: Машиностроение, 1968. - 367 с.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE FORCE REQUIRED FOR THE MOVEMENT OF THE RIDGE-SEEDER

Zykin E.S., Kurdyumov V.I., Smirnov A.S.

FSBEI HE Ulyanovsk SAU

432017, Ulyanovsk, Novyy Venets Boulevard, 1; tel.: 8 (8422) 55-95-95;

e-mail: evg-zykin@yandex.ru

Key words: energy saving, energy, technology, soil, crop production, cultivation

We devised a ridge seeder, each section of which has a shovel colter, working tools with flat discs and a ridge-roller. The application of a ridge seeder allows simultaneous pre-sowing soil preparation, seeding, formation of soil hillock over the seeds, compaction of the hillock from three sides, and also final formation of the soil ridge of the required size and density. The article deals with the formation of the soil ridge with the working tools of the ridge seeder, the force required to move the ridge seeder at the agrotechnical speed is also theoretically justified. It was revealed in the course of theoretical studies that when the ridge seeder is moving along the field, additional vertical load acts upon its supporting and driving wheels which is the weight of the frame, the seed hoppers and sowing units installed on the frame, each seed section works in a "floating" mode in the process of linear movement of the seeder. Consequently, the weight of the seed section with the working elements mounted on it does not have a significant effect on the supporting and driving wheels of the ridge seeder and can be neglected. The weight of the seeding section beam with a set of working elements mounted on it acts on the support wheel of the seeding section, and soil loosening with the shovel colter and the working tools with flat discs comes without seam turning. Additional vertical load, which is created by compression of the ridge-roller spring, is evenly distributed over the packing rings and spherical disks. Theoretical studies of the sowing process using energy-saving technology made it possible to specify that the force required to move the seeder at an agronomically given rate depends on the weight of the seeder frame and its sections, the depth of immersion of the working tools in the soil, the geometric parameters of the wheels, the working elements and also the physical and mechanical soil properties.

Bibliography

1. Milyutkin, V.A. The highly efficient unit for in-soil fertilizer application xtender with cultivator Cenius-TX (Amazonen-Werke, JSC "Evrotekhnik") technology No-Till, Mini-Till and the Crest-Ridge. Milyutkin, V.E. Buksman // In the digest: Agroecological aspects of sustainable development of the agroindustrial complex. Materials of the XIV International Scientific Conference, 2017. - P. 488-493.

2. Milyutkin, V.A. Possibilities to increase the productivity of farmland with moisture-saving technologies using the highly efficient AMAZONEN-WERKE machinery / V.A. Milyutkin, A.P. Tsurulev // Materials of the International scientific and practical conference: current state and prospects for the development of the Agro-Industrial Complex. - Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, 2016. - P. 220-224.

3. Milyutkin, V.A. Energy-resource-moisture-saving technologies in agriculture and recommended machinery / V.A. Milyutkin, S.A. Tolpekin, V.V. Orlov // Materials of the International scientific and practical conference: Strategic guidelines for the innovative development of the agroindustrial complex in the current economic conditions. - Volgograd: Volgograd SAU, 2016. - P. 232-236.

4. Milyutkin, V.A. «Strip-Till» - energy-resource-moisture-saving technology of soil preparation for tilled crops / V.A. Milyutkin, V.V. Orlov // Materials of the VII International scientific and practical conference: agrarian science and education at the present stage of development: experience, problems and solutions. - Ulyanovsk: Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P.A. Stolypin, 2016. - P. 259-264.

5. Milyutkin, V.A. Soil-protective agricultural technologies and equipment for cultivating agricultural crops / V.A. Milyutkin, N.V. Dolgorukov // Izvestiya of Samara State Agricultural Academy. - 2014. - № 3. - P. 37-44.

6. Soybean cultivation in Ulyanovsk region: practical recommendations / A.V. Dozorov, A.Yu. Naumov, Yu.V. Ermoshkin, M.N. Gararin, A.V. Voronin, Yu.M. Rakhimova. - Ulyanovsk: USAA named after P.A. Stolypin, 2014. - 59 p.

7. Emelyanov, P.A. Theoretical and experimental studies of disc covering device of an onion plant: monograph / P.A. Emelyanov, A.V. Sibirev, A.G. Aksenov. - Penza: Penza State Agricultural Academy, 2015. - 174 p.

8. Sydyk, D.A. Recommendation on resource-saving technologies for cultivating cereal grain crops in the conditions of dry land farming in Southern Kazakhstan / D.A. Sydyk, A.D. Karabalayeva, M.A. Sydykov. - Shymkent: Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2014. - 19 p.

9. Akramkhanov, A. Akramkhanov, A. Technology of planting crops along the ridges / A. Akramkhanov // TECHNOLOGIES & BEST PRACTICES FACTSHEET (<http://www.cacilm.org/articles/detail/493>).

10. Patent 2612441 of the Russian Federation, IPC A01S7 / 00. Method of ridge planting of tilled crops / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin, S.A. Dolgov, A.V. Erashkin; applicant and patent owner FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - № 2016101307; appl. 01/18/2016; publ. 03/09/2017, Bul. № 7.

11. Patent 2435353 of the Russian Federation, IPC A01S7 / 00, A01B49 / 06. A ridge seeder / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin; applicant and patent holder FSBEI HE Ulyanovsk State Agricultural Academy. - № 2010129256/13; appl. 14.07.2010; publ. 10.12.2011, Bul. № 34.

12. Theoretical substantiation of ridge-seeder roll draught / A.K. Subaeva, A.A. Zamaidinov, V.I. Kurdyumov, Y.S. Zykin // Journal of Fundamental and Applied Sciences. - Appl. Sci., 2017, 9(1S), 1945-1955 (WOS: 000413464300044).

13. Kurdyumov, V.I. Justification of the location of the working tools with flat discs along the width of the ridge seeder section / V.I. Kurdyumov, E.S. Zykin // Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy. - 2014. - № 3 (39). - P. 143-147.

14. Sineokov, G.N. Design of soil-cultivating machines / G.N. Sineokov. - M.: Mechanical Engineering, 1965. - 312 p.

15. Nartov, P.S. Disc soil cultivating tools / P.S. Nartov. - Voronezh: Publishing house of VSU, 1972. - 184 p.

16. Strelbitskiy, V.F. Disc tillers / V.F. Strelbitskiy. - M.: Mechanical Engineering, 1978. - 135 p.

17. Zelenin, A.N. Fundamentals of soil destruction by mechanical methods / A.N. Zelenin. - Moscow: Mechanical Engineering, 1968. - 367 p.