

References

1. Allen Kh.P. *Pryamoy posev i minimal'naya obrabotka pochvy*. [Direct drilling and minimal soil cultivation]. *Per. s angl. M.F. Pushkareva*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 208 p.
2. Drincha V.M., Borisenko I.B. *Sposoby razbrosnogo poseva dlya kormovykh ugodyi*. [Broadcast sowing methods for forage lands]. *Kormoprivodstvo*. 2014. no. 2. pp. 44-48.
3. *Rekomendatsii po uluchsheniyu lugov i pastbishch v Severo-Vostochnom regione Evropeyskoy chasti Rossii*. Sysuev V.A. et al. [Recommendations for improving of meadows and pastures in North-Eastern region of the European part of Russia]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2007. 116 p.
4. Pyatin A.M., Pyatina N.V. *Polosnoy podsev bobovykh trav v derninu estestvennykh poymennykh senokosov*. [Strip overseeding of grasses in sod natural floodplain grasslands]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 1996. no. 3. pp. 21-23.
5. Burduk P.I. et al. *Tekhnologicheskiy reglament omolozheniya lugovykh travostoev podsevom bobovykh i zlakovykh trav v derninu*. [Technological procedure for rejuvenation of meadow plant stands by interplanting the leguminous and grain grasses into turf]. *Melioratsiya*. 2008. no. 2. pp. 215-220.
6. *Mashiny TselinNIIMESKh dlya realizatsii tekhnologii uluchsheniya este-stvennykh i seyannykh mnogoletnikh trav i zagotovki grubyykh kormov. Rekomendatsii*. [Machine of CelinNIIMASH for implementation of technologies to improve natural and seeded perennial grasses and getting of crude forage. Recommendations]. *KF TOO «KazNIIMESKh» AO «KazAgroInnovatsiya»*. Kostanay, 2010. 18 p.
7. Marchenko O.S. et al. *Kombinirovannyi agregat MPTD-12 dlya polosnogo podseva semyan trav i travosmesey na lugakh i pastbishchakh*. [Combine unit MPTD-12 for strip sowing of grass seeds and grass mixtures in meadows and pastures]. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2010. no. 5. pp. 15-17.
8. Revyakin E.L., Antyshev N.M. *Tekhnologicheskie trebovaniya k novym tekhnicheskim sredstvam v rastenievodstve*. [The technological requirements for the new technological advances in crop production]. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2008. 60 p.
9. Laryushin N.P., Shumaev V.V., Buchma A.V. *Tekhnologiya i sredstvo mekhanizatsii poseva sel'skokhozyaystvennykh kul'tur kombinirovannym soshnikom raznourovnevnogo vneseniya udobreniy i raspredeleniya semyan*. [Technology and mean of mechanization of sowing of agricultural crops with combined opener of different levels of fertilizer application and seed distribution]. Penza: RIO PGSKhA, 2015. 181 p.
10. Cheremisinov D.A., Doronin M.S. *K voprosu razrabotki tekhnologicheskoy skhemy seyalki dlya poseva semyan trav v derninu*. [About development of the technological scheme of the seeder for sowing grass seeds in the sod]. *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rastenievodstve»*. [Methods and technologies in plant breeding and crop production]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2017. pp. 406-410.

УДК 631.331

Обоснование параметров сошниковой секции зерновой сеялки с прикатыванием семян

Бабицкий Леонид Федорович, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой,
Москалевич Вадим Юрьевич, кандидат техн. наук, доцент,

Белов Александр Викторович, ассистент

Академия биоресурсов и природопользования ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

E-mail: kaf-meh@rambler.ru

На территории Республики Крым актуальным становится вопрос выращивания зерновых колосовых культур в засушливых условиях. Наиболее эффективным методом является внедрение системы сберегающего земледелия. Существующие аналоги сеялок с дисковыми сошниками в условиях тяжелых и суглинистых почв засушливого региона Республики Крым имеют ограниченные возможности. Предлагается схема посева с прикатыванием на уровне залегания семян и конструкция сошниковой секции с вдавливающим семенами катком. Данная схема осуществляет: подрезание почвы; образование семенного ложе; распределение и вдавливание семян в почву; транспортировку и сепарацию подрезанного рыхлого слоя почвы; загортание и выравнивание покрывающего семена слоя почвы. Конструкция предлагаемой сошниковой секции включает стойку, на которой закреплены семяпровод, рассеиватель и культиваторная лапа с двумя плоскорежущими ножами и долотом. К стойке шарнирно установлено прикатывающее приспособление с катком в виде эллипсоида вращения. Позади прикатывающего катка к раме прикреплены пластинчатые загортачи, выполненные по форме отрезков логарифмической спирали. При обосновании параметров конструкции и режимов работы применялись методы теоретической и сельскохозяйственной механики, механики сплошной среды, теории упругости, интегрального и дифференциального исчисления. С учетом необходимости обеспечения равномерного распределения уплотняющего воздействия лапы на почву было получено аналитическое выражение, описывающее закон распределения контактного давления режущей кромки лапы на почву, что позволило обосновать форму режущей кромки лезвия лапы сошниковой секции. Форма режущего лезвия определяется с учетом физико-механических свойств почвы: деформационного показателя, модуля сдвига и коэффициента трения лезвия о почву. Определена форма прикатывающего катка, обеспечивающая равномерность вдавливания семян в уплотненную лезвием почву. Каток должен иметь вид усеченного эллипсоида вращения. Покрывание вдавленных семян катком осуществляется направляющими лотками. Окончательную доукупку и выравнивание поверхности почвы выполняют загортачи.

Ключевые слова: посев, рабочий орган, влажность почвы, тяговое сопротивление, сошник, режущая кромка, прикатывание, деформационный показатель, почвенное ложе

Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной мере зависит от условий произрастания семян, создаваемых при посеве зерновых культур. Одним из основных агротехнических требований к посеву зерновых культур является укладка семян на уплотненное ложе и закрытие их сверху рыхлой почвой. Серийно выпускаемые сеялки обычно обеспечивают прикатывание рыхлой почвы над посеянными семенами [1]. В результате этого не обеспечивается хорошего контакта семян с почвой и подтягивания к ним из нижних слоев по капиллярам почвенной влаги. Это приводит к увеличению периода их прорастания, ухудшению условий последующего развития растений, что, в конечном итоге, отрицательно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур. Особенно это важно в районах с недостаточным увлажнением почвы, что характерно для условий Крыма. В получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур важное значение имеет создание оптимальных условий для питания растений, в первую очередь, влагой. Для получения высоких устойчивых урожаев, сохранения почвенного плодородия в степном Крыму также необходимо планомерное проведение мероприятий по защите почв от ветровой и водной эрозий, в частности, широкое использование методов почвозащитной обработки [2]. На данный момент часто применяется обработка почвы без оборота пласта или посев по стерне. Именно сохранение стерни на поверхности поля и превращение её в мульчу создают условия, препятствующие ветровой и водной эрозии.

Цель исследований – теоретическое обоснование параметров сошниковой секции зерновой сеялки с прикатыванием семян.

Материал и методы. Для выполнения вышеуказанных требований был выбран прототип будущего сошника сеялки, работающей на почвах с пониженным содержанием влаги. Прототип представляет собой двухдисковый сошник, содержащий корпус, два плоских диска, установленных на шарикоподшипниках, поводок, направляющий семян и прижимную пластину [3]. При работе данного сошника семена, падающие на дно образованной дисками борозды, попадают под прижимную пластину, которая вдавливают их в семенное ложе.

Недостатком прототипа является то, что при скольжении жёсткой прижимной пластины по почве последняя налипает на рабочую поверхность, увеличивая тяговое сопротивление

сошника. Прижимная пластина с налипшей почвой захватывает и выносит с собой упавшие на дно борозды семена.

С целью устранения вышеуказанных недостатков при посеве зерновых культур нами предложена технологическая схема посева с уплотнением почвы на уровне залегания семян. Она включает следующие операции: подрезание почвы на глубину посева с уплотняющим воздействием режущей кромкой лезвия рабочего органа на дно, являющееся ложем для семян; подача и распределение семян на образованное уплотненное ложе; вдавливание семян в уплотненное ложе путем прикатывания; транспортировка и сепарация подрезанного рыхлого слоя почвы таким образом, что при движении почвы вначале семена присыпаются мелкой рыхлой почвой, а затем покрываются сходящими более крупными комками почвы, образующими верхний, устойчивый против эрозии слой почвы; загортание и заравнивание покрывающего семенного слоя почвы (рис. 1).

Результаты и их обсуждение. Исходя из технологической схемы и предлагаемой конструкции сошниковой секции для создания уплотненного ложа для семян режущее лезвие лапы, подрезающей слой почвы, должно обеспечивать равномерное уплотняющее воздействие на почву по всей ширине захвата. Аналитическое выражение, описывающее закон распределения контактного давления режущей кромки лапы на почву, будет иметь следующий вид [4, 5]:

$$\int_0^x P(t)dt + \frac{gG}{k} \int_{-b}^b P(t) \ln \frac{1}{|t-x|} dt = \frac{gGf(x)}{k}, \quad (1)$$

где $P(t)$ – функция внутри интервала по всей ширине лезвия; g – деформационный показатель почвы [1]; G – модуль сдвига почвы; b – полуширина захвата лезвия лапы; k – коэффициент трения лезвия о почву; x – текущая координата; $f(x)$ – функция, описывающая форму режущего лезвия.

Исходя из агротехнических требований к посеву, при которых режущая кромка лезвия лапы должна обеспечивать равномерное давление по всей ширине « $2b$ » захвата лапы ($P(t) = const$), получим решение уравнения (1) в виде:

$$f(x) = gP\{(x+b) \cdot [\ln|x+b|+1] - (x-b) \cdot [\ln|x-b|+1] + \frac{|x|k}{gG}\}, \quad (2)$$

где P – усилие врезания лезвия лапы в почву.

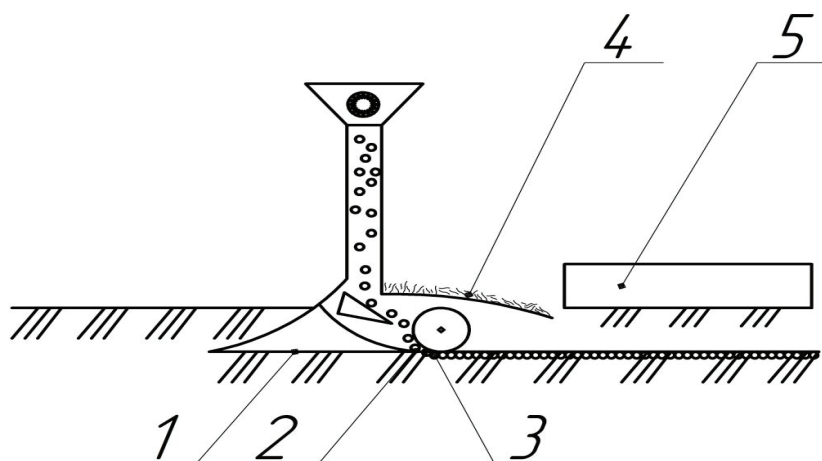


Рис. 1. Технологическая схема посева с прикатыванием на уровне залегания семян:

1 – подрезание слоя почвы и образование семенного ложа; 2 – распределение и укладка семян; 3 – вдавливание семян в почвенное ложе; 4 – транспортировка и сепарация почвы; 5 – доукрытие и разравнивание почвы

Полученное уравнение (2) описывает форму режущей кромки лезвия лапы в виде логарифмической кривой, обеспечивающей равномерно уплотненное ложе для семян по всей ширине захвата лапы (рис. 2). Как видно из уравнения (2), форма режущего лезвия лапы предложенной сошниковой секции определяется с учетом физико-механических свойств почвы: деформационного показателя ϑ , модуля сдвига G и коэффициента трения лезвия о почву k .

Существующие конструкции сошниковых узлов, оснащенных дисковыми сошниками, осуществляют посев в разрыхленную почву с минимальным контактом почвы с семенами. Используемые сеялки с сошниками в

виде стрелчатых плоскорезных лап не обеспечивают равномерное распределение давления в процессе подрезания почвы, что приводит к дифференциации плотности почвы по всей ширине захвата сошника.

Предлагаемая форма режущего лезвия сошника обеспечивает равномерное уплотнение почвы по всей ширине резания для качественного контакта семян с почвой в процессе их высева. Испытания экспериментального образца в почвенном канале показывают, что твердость почвы в образовавшемся семенном ложе в 2 и более раз больше по сравнению с твердостью почвы на той же глубине (5 см) до прохода сошника (табл.).

Таблица

Твердость почвы на глубине образования посевного ложа (5 см)

Номер опыта	Твердость почвы, Н/м ²	
	до прохода сошника	после прохода сошника
1	203,84	387,52
2	109,76	293,44
3	136,64	295,68
4	94,08	250,88
5	60,48	230,72

Как видно из технологической схемы посева предлагаемым сошниковым узлом (рис. 2), после подрезания почвы на глубину заделки семян лезвием лапы и создания им уплотненного ложа, на него высеваются семена, которые должны равномерно вдавливаются катком в уплотненное ложе по всей ширине рассева семян. Поэтому форма катка должна обеспечи-

вать равномерное распределение давлений на почву по всей ширине его захвата. В общей постановке это условие обеспечивается решением уравнения (1) в виде выражения (2). То есть это уравнение логарифмической кривой и для тел вращения, каким является вдавливающий семенной каток, он должен быть выполнен в виде усеченного эллипсоида вращения (рис. 3).

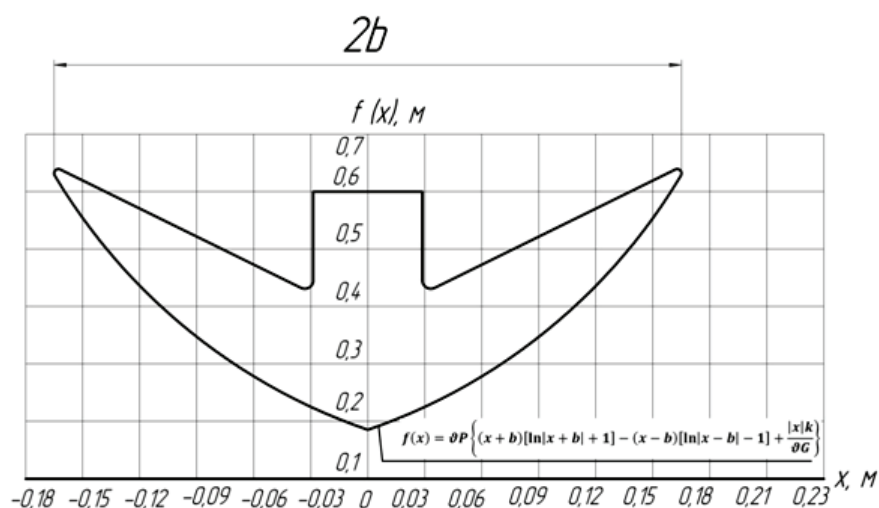


Рис. 2. Форма режущей кромки лезвия лапы сошниковой секции

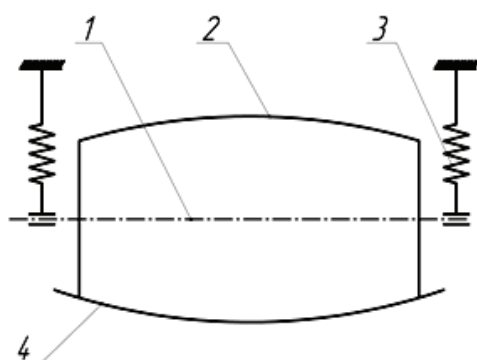


Рис. 3. Эллипсоидная форма подпружиненного вдавливающего семени катка:

- 1 – ось; 2 – эллипсоидный каток;
- 3 – пружина;
- 4 – логарифмическая кривая $f(x)$

Такая поверхность прикатывающего катка обеспечит равномерное вдавливание семян в уплотненное режущим лезвием лапы семенное ложе по всей ширине захвата [6]. При этом также учитываются основные физико-механические свойства почвы и давление P катка на почву, определяемые его массой. Для копирования поверхности семенного ложа эллипсоидный каток подпружинен.

Для покрытия вдавленных катком семян сходящим над катком слоем почвы и его просеивания следует использовать направляющие лотки, заканчивающиеся вильчатыми просеивателями почвы. При присыпании вдавленных катком семян почвой, сходящей с лапы по направляющим лоткам, мелкие комки почвы просеиваются вильчатыми просеивателями и присыпают семена, а крупные комки почвы проходят сходом по вильчатой поверхности и падают на покрывающий семена слой почвы с мелкими комками. Оставление на поверхности посеянных участков крупных комков почвы, не поддающихся перемещению их ветром, обеспечивает противоэрозионную устойчивость посевов. Установленные на сошниковом узле загор-

тачи выполняют окончательную доукрывку и разравнивание поверхности почвы.

Реализация такой технологической схемы посева обеспечивается предлагаемой нами конструкцией сошниковой секции зерновой сеялки с прикатыванием на уровне залегания семян (рис. 4).

Выводы. Таким образом, в предлагаемой конструкции необходимо учитывать агротехнические требования к посеву, при которых режущая кромка лезвия лапы должна обеспечивать равномерное давление по всей ширине захвата лапы, а также равномерное вдавливание семян в уплотненное режущим лезвием лапы семенное ложе поверхностью прикатывающего катка. Форма режущего лезвия лапы предложенной сошниковой секции определяется исходя из формулы (2) с учетом физико-механических свойств почвы: деформационного показателя ϑ , модуля сдвига G и коэффициента трения лезвия о почву k . Для копирования поверхности семенного ложа используется подпружиненный эллипсоидный каток, при этом также учитываются основные физико-механические свойства почвы и давление P катка на почву, определяющее его массу.

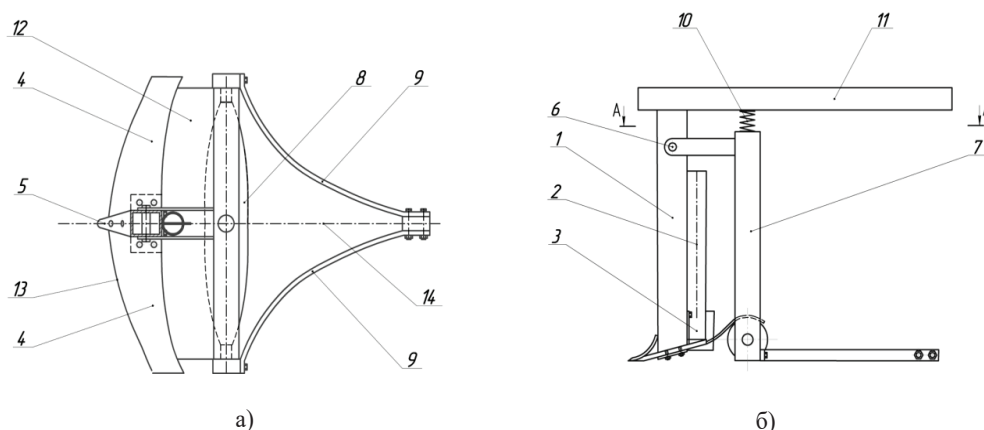


Рис. 4. Сошниковая секция с вдавливающим семена катком:
а) схема секции; б) общий вид

Список литературы

1. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Колос, 1983. 495 с., ил.
2. Половицкий И.Я., Гусев П.Г. Почвы Крыма и повышение их плодородия: справ. изд. Симферополь: Таврия, 1987. 152 с.
3. Павлов И.М., Перетятко А.В., Сарсенов А.Е.

Сошник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2016. №4. С. 28-29.

4. Демидов С.П. Теория упругости: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1979. 432 с., ил.
5. Морозов Е.М., Зернин М.В. Контактные задачи разрушения. М.: Машиностроение, 1999. 544 с., ил.
6. Бабицкий, Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. Київ: Урожай, 1998. 164 с.

Justification of the parameters of vomer section of a seed drill with seed packing

Babitsky L.F., DSc in engineering, professor, Head the department,

Moskalevich V.Yu., PhD in engineering, Associate Professor, **Belov A.V.**, Assistant

Academy of Life and Environmental Sciences, «V.I. Vernadsky Crimean Federal University», Simferopol, Russia

In the territory of the Republic of Crimea, the production of growing cereal crops in arid conditions is becoming topical. The most effective method is the introduction of a system of saving farming. Existing analogues of seeders with disc coulters in conditions of heavy and loamy soils of the arid region of the Republic of Crimea have limited opportunities. A scheme of sowing with rolling out at the level of seed occurrence and a construction of a vomer section with a roller pressing in the seeds is proposed. This scheme includes: cropping of soil; Seedbed formation; Distribution and indentation of seeds into the soil; Transportation and separation of the undercut loose soil layer; Upsetting and leveling of the soil covering the seed. The structure of the proposed vomer section includes a stand on which a seed conduit, a diffuser and a cultivator leg with two flat-cutting knives and a chisel are fixed. A rolling device with a cutter in the form of an ellipsoid of rotation is hinged to the stand. Behind the packing roller to the frame there are attached lamellar tines, made in the form of segments of a logarithmic spiral. At justifying the design parameters and operating modes, methods of theoretical and agricultural mechanics, mechanics of continuum, elasticity theory, integral and differential calculus were applied. Taking into account the need to ensure an even distribution of the sealing action of the paw on the soil, an analytical expression describing the law of distribution of the contact pressure of the cutting edge of the paw on the soil was obtained, which allowed to justify the shape of the cutting edge of the blade of the paw of the vomer section. The shape of the cutting blade is determined taking into account the physico-mechanical properties of the soil: the deformation index, the shear modulus and the friction coefficient of the blade on the soil. The shape of the compacting roller is determined, which ensures the uniformity of indenting seeds into the soil compacted by the blade. The roller must have the form of a truncated ellipsoid of revolution. Covering the dented seeds with a roller is carried out by the guide trays. Overtake is carried out with the final precoating and leveling of the soil surface.

Key words: sowing, working organ, soil moisture, traction resistance, opener, cutting edge, packing, deformation index, soil bed

References

1. Karpenko A.N., Halanskij V.M. *Sel'skhozjajstvennyye mashiny*. [Agricultural machines]. 5-e izd., pererab. dop. Moscow: Kolos, 1983. 495 p.
2. Polovickij I.Ja., Gusev P.G. *Pochvy Kryma i povyshenie ih plodorodija: Sprav. izd.* [Soil of Crimea and increase of their fertility: ref. ed.]. Simferopol': Tavrija, 1987. 152 p.
3. Pavlov I.M., Peretjat'ko A.V., Sarsenov A.E. *Soshnik*. [Vomer]. *Mehanizacija i jelektrifikacija*

sel'skogo hozjajstva. 2016. no.4. pp. 28-29.

4. Demidov S.P. *Teorija uprugosti: Uchebnik dlja vuzov*. [Theory of Elasticity: A Textbook for High Schools]. Moscow: Vyssh. shkola, 1979. 432 p.
5. Morozov E.M., Zernin M.V. *Kontaktnye zadachi razrushenija*. [Contact problems of destruction]. Moscow: Mashinostroenie, 1999. 544 p.
6. Babič'kij, L.F. *Bionichni naprjami rozrobki truntoobrobnih mashin*. [Bionic trends in the development of tillage machines]. Київ: Urozhaj, 1998. 164 p.