

14. Konovalov, A. V. Razrabotka i obosnovanie parametrov pnevmoseparatora dlya vydeleniya semyan iz zernovoy massy: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / A. V. Konovalov; [Mesto zashchity: Penz. gos. s.-kh. akad.]. – Penza, 2008. – 18 s. – URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_003172808/ (data obrashcheniya: 13.05.2026).

15. Moroz, A. A. Povyshenie kachestva semyan yarovoy pshenitsy putem pnevmoseparirovaniya / A. A. Moroz // Vestnik molodezhnoy nauki Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – No. 1. – S. 98-101.

16. Protokol ispytaniy OZF-80: Protokol ispytaniy No. 14-29-2017 / sost. V.A. Lazarev. – pos. Kamyshi, Kurskiy r-n, Kurskaya obl. 01 noyabrya 2017 g. – 6 s.

17. Moroz, A. A. Povyshenie kachestva semyan yarovoy pshenitsy putem pnevmoseparirovaniya / A. A. Moroz, A. A. Khizhnikov, V. I. Belyaev //

Agrarnaya nauka – selskomu khozyaystvu: sbornik materialov: v 2 kn. / XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (9-10 fevralya 2021 g.). – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2021. – Kn. 2. – S. 29-30.

18. Zhigzhitov, A. O. Obosnovanie osnovnykh parametrov vozduшно-gravitatsionnogo separatora dlya ochistki zerna: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khozyaystva": avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Zhigzhitov Aleksey Olegovich. – Ulan-Ude, 2017. – 22 s.

19. Tarasenko, A. P. Sovremennye mashiny dlya posleuborochnoy obrabotki zerna i semyan: uchebnoe posobie dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy, obuchayushchikhsya po spetsialnosti "Mekhanizatsiya selskogo khozyaystva" / A. P. Tarasenko. – Moskva: KolosS, 2008. – 232 s.



УДК 631.311

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-263-9-103-107

Н.И. Стрикунов, Н.Н. Назаров, Д.П. Гребенюк

N.I. Strikunov, N.N. Nazarov, D.P. Grebenyuk

ПАРАМЕТРЫ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ЛАПОВОГО СОШНИКА СТЕРНЕВОЙ СЕЯЛКИ

OPERATING PARAMETERS OF COMBINED TINE COULTER OF A STUBBLE SEEDER

Ключевые слова: комбинированный лаповый сошник, стерневая сеялка, подпочвенно-разбросной посев, долото, жидкие комплексные удобрения.

Патентные исследования показывают, что широкое распространение находят посевные машины и посевные комплексы, имеющие сошники, представляющие собой культиваторные стрельчатые лапы. Совершенствование рабочего процесса посева зерновых культур такими посевными машинами возможно путём установки на лаповые сошники долота, обеспечивающего внесение жидких комплексных удобрений в подготовленную бороздку ниже уровня высева семян, при этом новый распределитель, установленный также на сошник, проводит высев семян в подлаповом пространстве 2 полосами. Предлагаемое выше конструктивное решение позволяет одновременно с посевом семян вносить гра-

нулированные и жидкие удобрения. Представлены теоретические предпосылки технологического процесса комбинированного лапового сошника, оснащённого долотом, образующего бороздку с уплотнённым дном ниже глубины хода сошника. В результате проведенных теоретических исследований определены силовые характеристики рабочего процесса лапового сошника. Отдельно обоснованы конструктивно-режимные параметры долота с тупым углом вхождения в почву. Полученные результаты расчетов свидетельствуют о целесообразности применения комбинированного сошника на стерневых сеялках с пневматическим или гравитационным высевом. Даны конкретные рекомендации по выбору конструкции посевной секции. Разработанный рабочий орган обладает новизной с определёнными взаимосвязями между конструктивными параметрами лапового сошника с долотом и способностью внесе-

ния жидких комплексных удобрений ниже уровня семян. Полученные результаты свидетельствуют о том, что цель работы достигнута, которая состояла в теоретическом обосновании параметров комбинированного лапового сошника стерневой сеялки, способной за 1 проход осуществлять предпосевную культивацию с посевом и внесением гранулированных и жидких форм минеральных удобрений.

Keywords: *combined tine coulters, stubble seeder, subsurface-broadcast sowing, chisel, liquid complex fertilizers.*

Patent research shows that sowing machines and sowing complexes with coulters in the form of duckfoot tines are widely used. The improvement of the operation of sowing grain crops with such sowing machines is possible by installing a chisel on tine coulters which would ensure the application of liquid complex fertilizers into the prepared groove below the seed sowing level while a new distributor also mounted on the coulters would sow the seeds in the space below the tines in two strips. The proposed design solution allows applying

pelleted and liquid fertilizers simultaneously with sowing seeds. The paper discusses the theoretical prerequisites for the technological process of a combined tine coulters equipped with a chisel forming a groove with a compacted bottom below the depth of the coulters pass. As a result of the theoretical studies, the power characteristics of the working process of the tine coulters were determined. The design and operating parameters of a chisel with an obtuse angle of entry into the soil were separately substantiated. The obtained calculation results indicate the expediency of using a combined coulters on stubble seeders with pneumatic or gravity seeding. Specific recommendations are given on choosing the design of the sowing section. The developed working body has a novelty with certain interrelations between the design parameters of the tine coulters with a chisel and the ability to apply liquid complex fertilizers below the seed level. The results obtained confirm the achievement of the goal of theoretical substantiation of the parameters of the combined tine coulters of a stubble seeder capable of carrying out pre-sowing tillage with sowing and application of pelleted and liquid mineral fertilizers in one pass.

Стрикунов Николай Иванович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Назаров Николай Николаевич, д.т.н., гл. науч. сотр., Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

Гребенюк Данил Петрович, аспирант, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, р.п. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация, e-mail: danil.grebenyk@mail.ru.

Strikunov Nikolay Ivanovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: strikunov555@mail.ru.

Nazarov Nikolay Nikolaevich, Dr. Tech. Sci., Chief Researcher, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: sibime-nazarov@yandex.ru.

Grebenyuk Danil Petrovich, post-graduate student, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies of Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: danil.grebenyk@mail.ru.

Введение

Сошники сеялочных агрегатов являются одними из основных рабочих органов. Расширение их функциональных возможностей – одно из главных направлений исследований. Перспективными разработками являются такие сошники, которые выполняют агротехнические требования. Наибольший интерес представляют комбинированные лаповые сошники [1, 2]. Особое значение в исследованиях придаётся внесению жидких комплексных удобрений (ЖКУ) [3]. В основном лаповые сошники работают на стерневых фонах. При этом их технологические возможности не ограничиваются только образованием бороздки.

Когда размещение удобрений происходит ниже уровня высеваемой культуры, условия пи-

тания семян становятся наиболее благоприятными, поэтому наибольший урожай и его качество в значительной степени определяются качеством проведения посева [4, 5].

Целью работы является теоретическое обоснование параметров комбинированного лапового сошника стерневой сеялки.

Задачи исследований:

- 1) разработать конструктивную схему комбинированного лапового сошника;
- 2) определить основные параметры разработанного посевного рабочего органа.

Объекты и методы

Разработанная конструктивная схема комбинированного лапового сошника имеет новые элементы, в частности, долото с тупым углом

вхождения в почву и распределитель, поверхность которого представляет кривую наискорейшего спуска (на схеме не показан). На рабочую поверхность лапы действуют силы реакции

почвы, а их равнодействующей является сила R_{xz} (рис. а), расположенная в продольно-вертикальной плоскости.

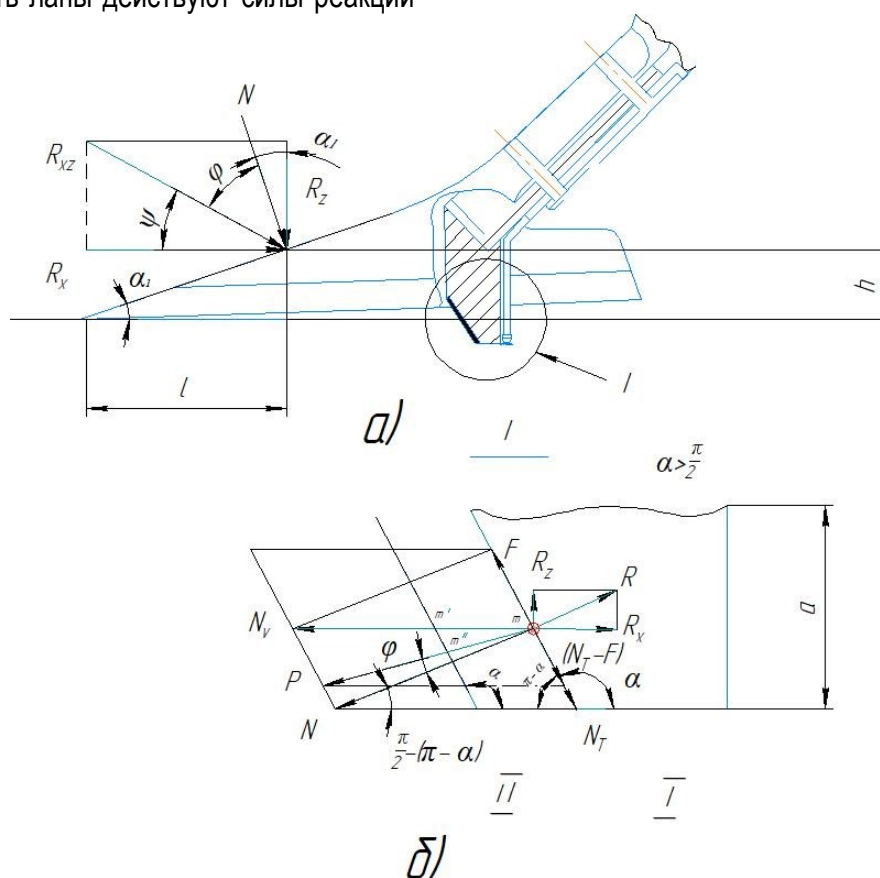


Рис. Силовая характеристика рабочего органа: а – лаповый сошник; б – долото

Глубина хода лапового сошника ограничивается агротехническими требованиями, оказывая существенное влияние на силы R_z и R_x , а также на угол ψ .

Из рисунка видно, что равнодействующая сил R_{xz} является суммой сил нормального давления и трения почвы о рабочую поверхность лапы. Углы трения и крошения почвы являются определяющими параметрами направления этой силы к поверхности лапы.

Согласно рисунку а

$$\psi = \frac{\pi}{2} - (\alpha + \varphi). \quad (1)$$

Физико-механические свойства почвы, её состояние определяются углами ψ и φ . Взаимодействие этих углов на различных типах почв определяют работу лапового сошника. Возрастание угла трения, следовательно, и коэффициента трения, которые связаны зависимостью $f = \tan \varphi$, приводит к повышению плотности почвы. В этом случае необходимо предусмотреть

установку лапового сошника с наклоном на носок 2° .

Практически силу R_x можно определить динамометрированием, а при известных параметрах ширины захвата лапы сошника и глубины его хода с учетом удельного сопротивления почвы расчетным путем:

$$R_x = kab. \quad (2)$$

Для повышения надежности работы лапы сошника в поле и с целью снижения тягового сопротивления посевные секции подпружинивают.

Результаты исследований их анализ

Разработанный сошник имеет новый разбрасыватель и дополнительно снабжён долотом с тупым углом вхождения в почву. Каждый из этих элементов выполняют свои функции при посеве. В подлаповом пространстве семена и гранулированные удобрения распределяются на две полосы, а ниже уровня их посева за счёт долота

вносятся жидкие комплексные удобрения (ЖКУ). Процесс образования бороздки долотом с тупым углом вхождения в почву существенно отличается от работы долота с острым углом вхождения в почву (рис. 6). Почва деформируется долотом с тупым углом в продольном и поперечном направлениях. Это происходит из-за воздействия долота, которое сминает почву [7]. Характер деформации зависит от угла вхождения долота в почву, его ширины, равной 10 мм, и длины рабочей поверхности, равной 30 мм.

Как указывал Н.И. Клёнин, в варианте, когда угол $\alpha > \frac{\pi}{2} + \varphi$ (рис. 6), ребро воздействует на почву силой P , равной векторной сумме силы нормального давления N и силы трения и отклоненной от горизонтали вниз. Почвенный агрегат под действием этой силы будет перемещаться вниз. Вертикальная составляющая силы реакции почвы R_z будет направлена вверх. Это приведет к уменьшению заглубляющей силы.

В нашей разработке глубина хода долота составляет $a_g \cong 0,5a_c$ глубины хода лапы. Возможно снижение заглубляющей силы. Это явление в работе долота может быть компенсировано применяемым в посевной секции прикатывающим колесом.

Анализируя работу долота с тупым углом вхождения в почву, автор [6] показал, что движение почвенного агрегата вниз по долоту будет происходить в случае, когда

$$N \operatorname{tg} \left[\left(\frac{\pi}{2} - (\pi - \alpha) \right) \right] \geq N \operatorname{tg} \varphi$$

или
$$N \operatorname{tg} \left(\alpha - \frac{\pi}{2} \right) \geq N \operatorname{tg} \varphi.$$

$$\alpha - \frac{\pi}{2} \geq \varphi \text{ или } \alpha \geq \frac{\pi}{2} + \varphi. \quad (3)$$

Неравенства (3) определяют перемещение частиц почвы относительно рабочей грани долота, при этом рабочий орган будет стремиться выйти из почвы. Однако конструктивные особенности посевной секции, например, применение прикатывающего колеса, способны компенсировать этот недостаток.

На работу долота могут быть наложены следующие ограничения по выбору значения угла α :

$$\frac{\pi}{2} + \varphi \geq \alpha \geq \frac{\pi}{2} - \varphi. \quad (4)$$

В конструкции комбинированного сошника угол вхождения долота в почву, исходя из неравенства, принимаем с наибольшим углом $\alpha = 120-125^\circ$.

Рассмотрим движение почвенного агрегата относительно рабочей поверхности долота и определим путь, пройденный частицей до полной остановки.

Дифференциальное уравнение движения частицы имеет такой вид:

$$\frac{d^2 S}{dt^2} = -g[\sin(\pi - \alpha) - f \cos(\pi - \alpha)]. \quad (5)$$

Решение этого уравнения представлено следующим образом:

$$S(t) = v_0 t - g[\sin(\pi - \alpha) - f \cos(\pi - \alpha)] \frac{t^2}{2}. \quad (6)$$

При этом получим:

$$v(t) = S(t) = v_0 - g[\sin(\pi - \alpha) - f \cos(\pi - \alpha)]t. \quad (7)$$

Из формулы (7) определим время, потребное для полного погашения скорости частицы, т.е. когда скорость частицы станет равной 0:

$$0 = v_0 - g[\sin(\pi - \alpha) - f \cos(\pi - \alpha)]t,$$

откуда:

$$t = \frac{v_0}{g[\sin(\pi - \alpha) + f \cos(\pi - \alpha)]}. \quad (8)$$

Подставив величину t в формулу (6), найдем пройденный частицей путь:

$$S = \frac{v_0}{g[\sin(\pi - \alpha) + f \cos(\pi - \alpha)]} \left(v_0 - \frac{v_0}{2} \right) = \frac{v_0^2}{2g[\sin(\pi - \alpha) + f \cos(\pi - \alpha)]}. \quad (9)$$

Без учета механического состава и влажности почвы для ориентировочных расчетов принимаем $f = 0,5$.

Подсчёты показывают, что при $v_0 = 0,8$ м/с время движения частицы составит $t = 0,073$ с, и частица пройдет путь $S = 0,029$. Полученное значение S примерно соответствует рабочей длине грани долота, равной 30 мм.

Требования агротехники предполагают укладку семян на уплотненное дно бороздки. Это условие выполняет долото, образующее бороздку с уплотненным дном для внесения жидких комплексных удобрений.

Заключение

Рекомендации по выбору параметров комбинированного рабочего органа сводятся к следующему:

1. Для разработанной конструкции посевной секции определены размеры долотообразного рабочего органа шириной 10 мм, с длиной рабочей грани 30 мм, не имеющего собственной стойки.

2. Размеры долота в пределах до 50 мм ведут к образованию бороздки большого поперечного сечения, а также к появлению обширной

зоны разрушения почвы, вследствие чего увеличится динамическое сопротивление.

3. Представленная и теоретически обоснованная конструкция комбинированного сошника с долотом и распределителем стерневой сеялки позволяет выполнять посев семян в подлаповом пространстве двумя полосами. Минеральные удобрения вносятся одновременно с посевом, а ниже уровня семян за счет долота вносятся жидкие комплексные удобрения, что устраняет контакт семян и удобрений. Теоретическими исследованиями установлено, что угол вхождения лапового сошника в почву $0-2^\circ$, угол вхождения долота в почву – $120-125^\circ$, глубина хода долота ниже уровня лапы – 25-30 мм, при известной ширине захвата лапового сошника, равной 380 мм.

Библиографический список

1. Иванов, П. А. К вопросу о подпочвенном разбросном посеве зерновых колосовых / П. А. Иванов. – Текст: непосредственный // Моделирование процессов производства продукции растениеводства: межвузовский сборник научных трудов. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2007. – 139 с.
2. Демчук, Е.В. Комбинированный сошник зерновой сеялки / Е.В. Демчук, В.В. Мяло. – Текст: непосредственный // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С. 81-83.
3. Гараев, Р. Р. Устройство для внесения жидких комплексных удобрений в почву / Р. Р. Гараев, С. Г. Мударисов. – Текст: непосредственный // Сельский механизатор. – 2014. – № 8. – С. 5-6.
4. Черемисинов, Д. А. Определение оптимальных параметров сошников агрегата для обработки почвы и посева / Д. А. Черемисинов, С. Л. Дёмшин – Текст: непосредственный // Наука – Технология – Ресурсосбережение: сборник материалов V Международной научно-практической конференции. – Киров: Вятская ГСХА, 2012. – Вып. 13. – С. 25-30.
5. Мельников, С. В. Влияние конструктивных параметров сеялок на равномерность размещения семян / С. В. Мельников, В. А. Белодедов, Н. В. Островский. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1980. – № 3. – С. 12-15.
6. Клёнин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчёт регулировочных параметров и режимов работы. 2-е изд. перераб. и доп. / Н. И. Клёнин, В. А. Сакун. – Москва: Колос, 1980. – 671 с. – Текст: непосредственный
7. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г. Е. Листопад, Г. К. Демидов, Б. Д. Зонов [и др.]; под общей редакцией Г. Е. Листопада. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 688 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Ivanov, P.A. K voprosu o podpochvennom razbrosnom poseve zernovykh kolosovykh / P.A. Ivanov // Modelirovanie protsessov proizvodstva produktsii rastenievodstva: mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov. – Zernograd: FGOU VPO AChGAA, 2007. – 139 s.
2. Demchuk, E.V. Kombinirovannyi soshnik zernovoy seyalki / E.V. Demchuk, V.V. Myalo // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – No. 1. – S. 81–83.
3. Garaev, R.R. Ustroystvo dlya vneseniya zhidkikh kompleksnykh udobreniy v pochvu / R.R. Garaev, S.G. Mudarisov // Selskiy mekhanizator. – 2014. – No. 8. – S. 5–6.
4. Cheremisinov, D.A. Opredelenie optimalnykh parametrov soshnikov agregata dlya obrabotki pochvy i poseva / D.A. Cheremisinov, S.L. Demshin // Materialy V Mezhdunarodnoy nauch.-prakt. konf. "Nauka – Tekhnologiya – Resursosberezhenie": Sb. nauch. tr. – Kirov: Vyatskaya GSKHA, 2012. – Vyp. 13. – S. 25–30.
5. Melnikov, S.V. Vliyanie konstruktivnykh parametrov seyalok na ravnomernost razmeshcheniya semyan / S.V. Melnikov, V.A. Belodedov, N.V. Ostrovskiy // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. – 1980. – No. 3. – S. 12-15.
6. Klenin, N.I. Selskokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny: elementy teorii rabochikh protsessov, raschet regulirovochnykh parametrov i rezhimov raboty. 2-e izd. pererab. i dop. / N.I. Klenin, V.A. Sakun. – Moskva: Kolos, 1980. – 671 s.
7. Selskokhozyaystvennye i meliorativnye mashiny / G.E. Listopad, G.K. Demidov, B.D. Zonov i dr.; pod obshch. red. G.E. Listopada. – Moskva: Agropromizdat, 1986. – 688 s.

