

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.331

Д.А. Яковлев, В.И. Беляев, Г.Н. Поляков
D.A. Yakovlev, V.I. Belyayev, G.N. Polyakov

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ СЕЯЛКИ СЗС-2.1 ДЛЯ ПРЯМОГО ПОСЕВА

SUBSTANTIATION OF OPENER GROUP RATIONAL PARAMETERS OF THE SZS-2.1 STUBBLE SEEDER FOR DIRECT SEEDING

Ключевые слова: прямой посев, сошники, тяговое сопротивление, расход топлива.

Рассмотрены особенности земледелия в степи Алтайского края, где количество запасов влаги в почве зачастую не соответствует поглощаемому культурными растениями. Поэтому необходимо проводить мероприятия по сохранению почвенной влаги. Также одним из первоначальных решений данной проблемы является применение посевных машин, оборудованных анкерными сошниками, и переход на технологии прямого посева. При этом тяговые сопротивления агрегатов напрямую зависят от типов рабочих органов, установленных на посевной машине, и оказывают влияние на расход топлива, как следствие, и на экономическую эффективность применения агрегатов. Исходя из этого был исследован процесс взаимодействия рабочего органа и почвенной среды с расчетными данными, соответствующими серым лесным почвам восточной Сибири. Были выявлены особенности конструкции лапового сошника СЗС-2.1, влияющие на его тяговое сопротивление при работе в почвенной среде. Проведенные теоретические расчеты показывают, что основными конструктивными параметрами лапового сошника сеялки СЗС-2.1, влияющими на тяговое сопротивление, являются угол крошения β и длина клина l , поскольку их величина пропорциональна площади сопротивления рабочего органа сеялки. Представлены теоретические расчеты тяговых сопротивлений сошников двух типов анкерного и лапового, вследствие чего был разработан анкерный сошник для прямого посева и подана заявка на изобретение. Разработанная конструкция анкерного сошника для прямого посева имеет величину тягового сопротивления в 4,4 раза ниже, чем стрельчатая лапа, что при его использовании позволит значительно снизить расход дизельного топлива при механизированных работах. Особенность его конструкции позволит пренебречь влиянием значений заднего

угла резания ε и угла скоса лезвия γ по причине отсутствия стрельчатой лапы. Также конструкция данного анкерного сошника позволяет лучше подготавливать семенное ложе и улучшать влагообеспеченность семян после посева.

Keywords: direct seeding, openers, traction resistance, fuel consumption.

This paper discusses the features of agriculture in the steppes of the Altai Region where the amount of moisture in the soil often does not correspond to that absorbed by cultivated plants. Therefore, it is necessary to carry out measures to preserve soil moisture. Also, one of the initial solutions to this problem is the use of sowing machines equipped with anchor coulters and the transition to direct seeding technologies. At the same time, the traction resistance of the units directly depends on the types of working bodies installed on the sowing machine, and affect the fuel consumption, and, as a consequence, the economic efficiency of the use of units. In this regard, we studied the interaction of the working body and the soil environment with the calculated data corresponding to the gray forest soils of East Siberia. The design features of the paw opener SZS-2.1 were revealed; they affected its traction resistance when working in the soil environment. Theoretical calculations show that the main structural parameters of the paw opener of the SZS-2.1 seeder affecting traction resistance were the crushing angle β and the wedge length l , since their value was proportional to the area of resistance of the seeder working body. Theoretical calculations of the traction resistance of the openers of two types - anchor and pawl were presented, as a result of which an anchor opener for direct sowing was developed and an application for the invention was submitted. The developed design of an anchor opener for direct sowing has a traction resistance value 4.4 times lower than the V-shaped sweep; when used, it will significantly reduce diesel fuel consumption

during mechanized operations. The peculiarity of its design will neglect the influence of the values of the rear cutting angle ε_3 and the angle of inclination of the blade γ due to the

lack of a V-shaped sweep. Also, the design of this anchor opener allows better preparing the seed bed and improve the moisture supply of seeds after sowing.

Яковлев Даниил Александрович, аспирант, каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-33-61. E-mail: dyagro@yandex.ru.

Беляев Владимир Иванович, д.т.н., проф., зав. каф. сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 20-33-61. E-mail: prof-Belyaev@yandex.ru.

Поляков Геннадий Николаевич, к.т.н., доц. каф. технического обеспечения АПК, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. Тел.: (3952) 237-429. E-mail: mech@igsha.ru.

Yakovlev Daniil Aleksandrovich, post-graduate student, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-61. E-mail: dyagro@yandex.ru.

Belyayev Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Head, Chair of Agricultural Machinery and Technologies, Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 20-33-61. E-mail: prof-belyaev@yandex.ru.

Polyakov Gennadiy Nikolayevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Irkutsk State Agricultural University named after A.A. Yezhevskiy. Ph.: (3952) 237-429. E-mail: mech@igsha.ru.

Введение

Актуальность исследования обусловлена особенностями земледелия в степных районах Алтайского края, где количество запасов влаги в почве зачастую не соответствует поглощаемому культурными растениями [1]. В данных условиях необходимо проводить мероприятия по сохранению почвенной влаги. Одним из первоначальных решений данной проблемы является применение посевных машин, оборудованных анкерными сошниками и переход на технологии прямого посева. При этом тяговое сопротивление агрегата напрямую зависит от типов рабочих органов, установленных на посевной машине, и оказывает влияние на расход топлива, как следствие, на экономическую эффективность применения МТА [2-4].

Помимо крупных хозяйств и агрохолдингов в крае трудятся мелкие и начинающие фермеры, не имеющие достаточного количества средств на приобретение новой дорогостоящей техники. Они вынуждены закупать бывшие в употреблении сеялки. Одной из наиболее распространенных посевных машин для прямого посева в крае является стерневая сеялка СЗС-2,1 [5].

Целью исследования является обоснование рациональных параметров сошниковой группы сеялки СЗС-2,1 для прямого посева.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был принят процесс взаимодействия рабочего органа и почвенной среды.

1. Выявить особенности конструкции лапового сошника СЗС-2,1, влияющие на его тяговое сопротивление.

2. Разработать анкерный сошник для прямого посева.

3. Сравнить тяговые сопротивления лапового и анкерного сошника.

Обсуждение результатов

Для выявления особенностей конструкции, влияющих на тяговые сопротивления сошника, воспользуемся известными формулами по Г.Н. Синеокову [6]. Общая сумма тягового сопротивления трёхгранного клина по его данным складывается по следующей формуле:

$$P_x = R_{3x} + R_{dx} + R_{Fx} + R_{Gx}. \quad (1)$$

На основании полученных им данных сила R_{dx} периодически изменяется от нуля до определенных значений и является аналитически неопределимой, к тому же достаточно мала. Для анализа работы трёхгранного клина достаточно определить силы R_{3x} , R_{Fx} , R_{Gx} . Поэтому формула для определения тягового сопротивления трёхгранного клина выглядит следующим образом:

$$P_x = R_{3x} + R_{Fx} + R_{Gx}, \quad (2)$$

где R_{3x} – сила сопротивления почвы сжатию затылком затупившегося лезвия лапы, кН;

$$R_{3x} = \frac{gbh^2}{2 \sin \varepsilon_3 \cos \varphi \sin \gamma}, \quad (3)$$

где R_{Fx} – сила динамического сопротивления почвенного пласта, кН;

$$R_{Fx} = \frac{ab\gamma_{об}v^2 \sin^2 \gamma [\sin \beta + f \sin \gamma (ctg^2 \gamma + \cos \beta)]}{g (ctg \beta - f \sin \gamma)}, \quad (4)$$

где R_{Gx} – сила статического сопротивления почвенного пласта, кН.

$$R_{Gx} = ab\gamma_{об} \frac{\sin \beta + f (\cos \gamma ctg \gamma + \sin \gamma \cos \beta)}{\cos \beta - f \sin \gamma \sin \beta}. \quad (5)$$

Лаповый сошник сеялки СЗС-2,1 (рис. 1) представляет собой форму трёхгранного клина, поэтому его тяговое сопротивление может быть

рассчитано по ранее изложенной формуле (2) с использованием проектировочных данных из таблицы 1.

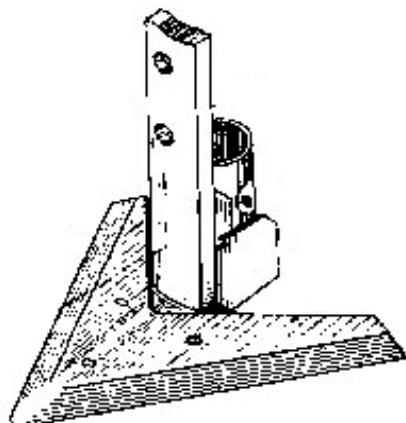


Рис. 1. Лаповый сошник СЗС 2.1

Таблица 1
Исходные данные для расчета сопротивления сошника СЗС 2.1

Параметр	Значение
Глубина обработки (<i>a</i>), м	0,06
Ширина захвата клина (<i>b</i>), м	0,275
Длина клина (<i>l</i>), м	0,094
Ускорение свободного падения (<i>g</i>)	9,8
Скорость движения клина (<i>v</i>), км/ч	8
Угол крошения (β), град.	16
Угол трения (φ), град.	22
Высота подъема пласта (<i>h</i>), м	0,09
Задний угол резания (ε_3), град.	23
Угол скоса лезвия (γ), град.	28
Коэффициент трения почвы о сталь (<i>f</i>)	0,4

Примечание: Исходные данные были получены из справочника сельскохозяйственного машиностроителя [7].

Находим силу сопротивления почвы сжатию затылком затупившегося лезвия лапы по формуле (3):

$$R_{3x} = \frac{9,8 \times 0,275 \times 0,09^2}{(2 \times 0,39) \times 0,092 \times 0,47} = 0,06 \text{ кН.}$$

Далее установим силу динамического сопротивления почвенного пласта по формуле (4):

$$R_{Fx} = \frac{0,06 \times 0,275 \times 11,7 \times 8^2 \times 0,47^2 [0,27 + 0,4 \times 0,47 (1,9^2 + 0,96)]}{9,8 (3,49 - 0,4 \times 0,47)} = 0,9 \text{ кН.}$$

Находим силу статического сопротивления почвенного пласта по формуле (5):

$$R_{Gx} = 0,06 \times 0,275 \times 0,09 \times 11,7 \frac{0,27 + 0,4 (0,88 \times 1,88 + 0,46 \times 0,96)}{0,96 - 0,4 \times 0,46 \times 0,27} = 0,027 \text{ кН.}$$

Подсчитываем общую сумму тягового сопротивления лапового сошника СЗС- 2,1 по формуле (2):

$$P_x = 0,06 + 0,9 + 0,027 = 1 \text{ кН.}$$

Из анализа данного расчета видно, что наиболее влияющими на тяговые сопротивления сошника параметрами являются угол крошения β и длина клина *l*, что следует учитывать при проектировании анкерного сошника. Также особенность конструкции анкерного сошника позволит пренебречь влиянием значений заднего угла резания ε_3 и угла скоса лезвия γ по причине отсутствия стрельчатой лапы. При разработке сошника сеялки СЗС 2.1 для прямого посева учитывались также и аспекты влияния на лучший подвод влаги к семенному ложу за счет особенности конструкции анкера заявка на изобретение № 2018144392/10 (074129).

Общая сумма тягового сопротивления двухгранного клина по Г.Н. Синеокову складывается по следующей формуле:

$$P_x = R_{3x} + R_{dx} + R_{Fx} + R_{Gx}. \quad (6)$$

При работе клина в однородной по свойствам среде слагаемые R_{3x}, R_{Fx}, R_{Gx} имеют постоянное значение и лишь усилие R_{dx} периодически меняется от нуля до некоторого максимального значения, что обусловлено циклическим характером деформации почвы под воздействием клина.

Из четырех слагающих тягового сопротивления клина теоретически можно определить лишь два R_{Fx}, R_{Gx} , поэтому в каждом конкретном случае значение силы P_x следует определять опытным путем. Поэтому формула определения тягового сопротивления двухгранного клина будет складываться следующим образом.

$$P_x = R_{Fx} + R_{Gx}, \quad (7)$$

где R_{Fx} – сила динамического сопротивления почвенного пласта, кН;

$$R_{Fx} = \frac{ab\gamma_{об}}{g} v^2 \sin \beta \operatorname{tg}(\beta + \varphi); \quad (8)$$

где R_{Gx} – сила статического сопротивления почвенного пласта, кН.

$$R_{Gx} = abh\gamma_{об} \frac{\operatorname{tg}(\beta + \varphi)}{\sin \beta}. \quad (9)$$

Также при проектировке клина необходимо выбрать приемлемую длину клина во избежание сгуживания почвы по формуле:

$$l \leq \frac{\sigma_{вп}}{\gamma_{об}} \operatorname{ctg}(\beta + \varphi). \quad (10)$$

Разработанный анкерный сошник (рис. 2) представляет собой форму двухгранного клина, поэтому его тяговое сопротивление может быть рассчитано по ранее изложенной формуле (7) с использованием проектировочных данных из таблицы 2.

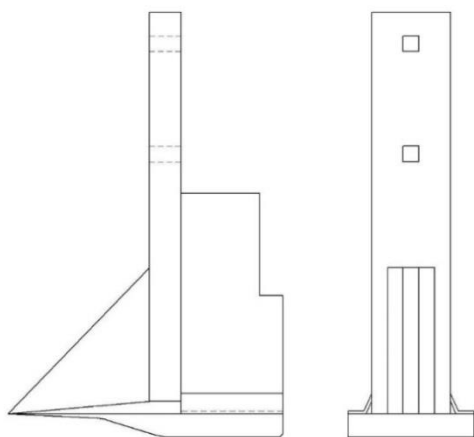


Рис. 2. Анкерный сошник

Таблица 2

Исходные данные для расчета сопротивления анкерного сошника

Параметр	Значение
Глубина обработки (a), м	0,06
Ширина захвата клина (b), м	0,03
Ускорение свободного падения (g)	9,8
Скорость движения клина (v), км/ч	8
Угол крошения (β), град.	45
Угол трения (φ), град.	22
Высота подъема пласта (h), м	0,09
Длина клина (l), м	0,013
Временное сопротивление почвы сжатию ($\sigma_{вр}$), МПа	2,49

Примечание. Таблица составлена на основании собственных исследований.

Находим силу динамического сопротивления почвенного пласта по формуле (8):

$$R_{Fx} = \frac{0,06 \times 0,03 \times 11,7}{9,8} \times 8^2 \times 0,7 \times 2,35 = 0,23 \text{ кН.}$$

Далее считаем силу статического сопротивления почвенного пласта по ранее указанной формуле (9):

$$R_{Gx} = 0,06 \times 0,03 \times 0,09 \times 11,7 \times \frac{2,35}{0,7} = 0,006 \text{ кН.}$$

Считаем общую сумму тягового сопротивления разработанного анкерного сошника по формуле (7):

$$P_x = 0,226 + 0,006 = 0,23 \text{ кН.}$$

Проверим правильность выбора длины клина, влияющую на сгуживаемость почвы перед клином, по ранее описанному неравенству (10):

$$0,13 \leq \frac{2,49}{11,7} \times 0,425; \\ 0,13 \leq 0,9.$$

Из данного неравенства следует, что условия выполняются и заданная нами длина клина имеет верную длину. Это свидетельствует о том, что во время работы сошника с выведенными нами параметрами двухгранного клина перед ним не будет происходить сгуживания почвы.

В результате расчета тяговых сопротивлений сошников установлено, что анкерный сошник имеет значительно меньшую величину (0,23 кН против 1,0 кН у стандартного сошника сеялки СЗС-2,1).

Выводы

1. Проведенные теоретические расчеты показывают, что основными конструктивными параметрами лапового сошника сеялки СЗС-2,1, влияющими на тяговое сопротивление, являются угол крошения β и длина клина l .

2. Разработанная конструкция анкерного сошника для прямого посева имеет величину тягового сопротивления в 4,4 раза ниже, чем стрельчатая лапа. Особенность его конструкции позволит пренебречь влиянием значений заднего угла резания ε_3 и угла скоса лезвия γ по причине отсутствия стрельчатой лапы.

Библиографический список

1. Майнель, Т. Влияние комплексов машин для прямого посева яровой пшеницы на развитие растений, водный режим почвы, структуру урожая и качество зерна в Кулундинской степи Алтайского края / Т. Майнель, В. И. Беляев, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – №9 (167). – С. 138-145.
2. Беляев, В. И. Показатели качества посева яровой пшеницы при различных технологиях возделывания в Кулундинской степи Алтайского края / В. И. Беляев, Т. Майнель, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Материалы региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. – Новосибирск, 2018. – С. 151-159.
3. Беляев, В. И. Прямой посев на Алтае / В.И. Беляев. – Текст: непосредственный // Ресурсосберегающее земледелие. – 2016. – № 2 (30). – С. 8-14.
4. Беляев, В. И. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае / В. И. Беляев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4 (162). – С. 5-12.

5. Яковлев, Д. А. Рациональное комплектование посевных машин рабочими органами для условий повышенного увлажнения почв / Д. А. Яковлев, В. И. Беляев, Г. Н. Поляков. – Текст: непосредственный // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: 7-я Международная научно-практическая конференция. – Новосибирск; Краснообск, 2018. – С. 497-500.
6. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – Москва: Машиностроение, 1977. – 328 с. – Текст: непосредственный.
7. Красниченко, А. В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / А. В. Красниченко. – Москва: Государственное науч.-техн. издание машиностроительной лит-ры, 1961. – 861 с.
8. Беляев, В. И. Оценка эффективности различных типов высевальных сошников при прямом посеве яровой пшеницы в условиях степной зоны Алтайского края / В. И. Беляев, В. В. Вольнов, Н. В. Рудев, Л. В. Соколова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 8. – С. 143-148.
9. Поляков, Г. Н. Выбор и обоснование сошников посевных машин / Г. Н. Поляков, Д. А. Яковлев. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2016. – № 20. – С. 43-49.
10. Поляков, Г. Н. Состояние и тенденции технического обеспечения АПК Иркутской области / Г. Н. Поляков, С. Н. Шуханов. – Текст: непосредственный // Известия международной академии аграрного образования. – 2019. – № 45. – С. 52-57.
11. Яковлев, Д. А. Оценка надежности элементов посевной машины СЗС 2.1 / Д. А. Яковлев, В. И. Беляев, Г. Н. Поляков. – Текст: непосредственный // Наука и инновации: векторы развития: сборник научных статей Международной научно-практической конференции молодых ученых: в 2 кн. – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2018. – Кн. 2. – С. 80-82.
2. Belyaev V.I., Maynel T., Yakovlev D.A., Pokazateli kachestva poseva yarovoy pshenitsy pri razlichnykh tekhnologiyakh vozdeystviya v Kuldinskoy stepi Altayskogo kraya // Mater. region. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh, posvyashchennoy pamyati dotsenta M.A. Anfingonova. – Novosibirsk, 2018. – S. 151-159.6
3. Belyaev V.I. Pryamoy posev na Altae // Resursovoberegayushchee zemledelie. – 2016. – No. 2 (30). – S. 8-14.
4. Belyaev, V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altayskom krae / V.I. Belyaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 5-12.
5. Yakovlev, D.A. Ratsionalnoe komplektovanie posevnykh mashin rabochimi organami dlya usloviy povyshennogo uvlazhneniya pochv / D.A. Yakovlev, V.I. Belyaev, G.N. Polyakov // Informatsionnye tekhnologii, sistemy i pribory v APK. 7-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. – Novosibirsk-Krasnoobsk, 2018. – S. 497-500.
6. Sineokov, G.N. Teoriya i raschet pochvoobrabatyvayushchikh mashin / G.N. Sineokov, I.M. Panov. – Moskva: Mashinostroenie, 1977. – 328 s.
7. Krasnichenko, A.V. Spravochnik konstruktora selskokhozyaystvennykh mashin. – Moskva: Gosudarstvennoe nauchno-tekhnicheskoe izdanie mashinostroitelnoy literatury, 1961. – 861 s.
8. Belyaev V.I., Otsenka effektivnosti razlichnykh tipov vysevayushchikh soshnikov pri pryamom poseve yarovoy pshenitsy v usloviyakh stepnoy zony Altayskogo kraya / V.I. Belyaev, V.V. Volnov, N.V. Rudev, L.V. Sokolova // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2016. – No. 8. – S. 143-148.
9. Polyakov G.N., Yakovlev D.A. Vybory i obosnovaniye soshnikov posevnykh mashin // Aktualnye voprosy agrarnoy nauki. – 2016. – No. 20. – S. 43-49.
10. Polyakov G.N., Shukhanov S.N. Sostoyaniye i tendentsii tekhnicheskogo obespecheniya APK Irkutskoy oblasti // Izvestiya mezhdunarodnoy akademii agrarnogo obrazovaniya. – 2019. – No. 45. – S. 52-57.
11. Yakovlev, D.A. Otsenka nadezhnosti elementov posevnoy mashiny SZS 2.1 / D.A. Yakovlev, V.I. Belyaev, G.N. Polyakov // Nauka i innovatsii: vektory razvitiya: sbornik nauchnykh statey v 2 kn. / Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh. – Barnaul: RIO Altayskogo GAU, 2018. – Kn. 2. – S. 80-82.

References

