

DOI 10.33952/2542-0720-2021-1-25-140-149

УДК: 631.316.023

Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И., Божко И. В.

МНОГОСЕКЦИОННОЕ СЦЕПНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АГРЕГАТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПОСЕВНЫХ МАШИН

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»

Реферат. Выбирая рациональные конструктивные параметры сцепного устройства для многосекционного агрегатирования сеялок, возможно обеспечение полной загрузки энергосредства при сохранении достаточно высоких качественных показателей технологического процесса. Зарубежные агрегаты не пригодны для использования в условиях РФ в связи с отличающимися почвенно-климатическими условиями. Цель исследования – разработать эффективное устройство для многосекционного агрегатирования, подходящее для отечественных современных посевных машин. Предмет исследования: взаимосвязь конструктивных параметров и режимов функционирования устройства для многосекционного агрегатирования сеялок с показателями технологического процесса посева. Проведено монографическое обследование известных конструкций, расчётно-конструктивным методом обосновано устройство для многосекционного агрегатирования посевных машин, экспериментально получены показатели технологического процесса посева. Разработанное сцепное устройство для многосекционного агрегатирования состоит из центральной рамы, опирающейся на колёса, и шарнирно присоединённых боковых секций: левой и правой, которые складываются при транспортировании посевного агрегата. Суммарная ширина захвата посевного агрегата составляет до 12,5 м. По результатам исследований качество выполнения технологического процесса высевными аппаратами соответствует нормативным требованиям. Неустойчивость общего высева – 0,6–1,1 % (ячмень) и 0,4–0,7 % (пшеница) – находится в пределах допуска (до 3 %); неравномерность высева между аппаратами – 3,9–4,2 % (ячмень) и 2,6–4,2 % (пшеница) – соответствует норме (до 5 %). Количество семян, заделанных на заданную глубину почвы, соответствует требуемой (не менее 80 %) и составило 81,8–83,9 % ячмень и 80,1–83,3 % пшеница. Не заделанных семян в почве не обнаружено.

Ключевые слова: сцепное устройство, многосекционное агрегатирование, сеялка, технологический процесс посева.

Для цитирования: Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И., Божко И. В. Многосекционное сцепное устройство для агрегатирования современных посевных машин // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1(25). С. 140–149. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-140-149.

For citation: Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Bozhko I. V. Multi-section coupling device for aggregation of modern seeding machines // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 1 (25). P. 140–149. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-140-149.

Введение

Современная парадигма природопользования (Sustainable Agriculture) в рамках принятых ООН целей устойчивого развития (Sustainable Development Goals) предусматривает удовлетворение потребностей человека без вреда для будущих поколений. На европейском уровне предпринято много усилий для развития более экологически безопасного сельскохозяйственного производства [1–5].

Эффективность посевных машин во многом определяется их

производительностью. Это объясняется тем, что удельные затраты на единицу выполненной работы находятся в обратной пропорциональной зависимости от годовой выработки (производительности) посевных машин. Таким образом, производительность машины при формировании показателей эффективности является одним из важнейших факторов.

Наличие теоретически и экспериментально обоснованной функциональной зависимости позволяет аргументированно подходить к формированию показателей различного уровня и назначения. Формулы для расчёта производительности объединяют технико-экономические параметры машины и условия её эксплуатации, при этом свидетельствуют о функциональном назначении и влиянии на эффективность изменения режимов работы. Анализ ряда технико-экономических показателей различного уровня, таких, как приведённые затраты, энергоёмкость и др., не может быть выполнен без расчета производительности машины.

Производительность посевного агрегата представляет собой площадь поля, обработанную за определенный период времени. Следовательно, производительность – это функция длины пути (или скорость), ширины захвата и длительности рабочего процесса.

Для полного использования мощности тракторов сеялки соединяют сцепками. Сущность составления посевных агрегатов состоит в обеспечении рационального использования сеялок с максимальной производительностью и минимальным расходом топлива при соблюдении агротехнических требований.

Наибольшей производительности агрегата можно достичь, рационально используя тяговую мощность трактора, определяемую тяговым сопротивлением сеялки с учётом скорости движения.

Однако тяговое сопротивление не постоянно и изменяется в процессе работы под влиянием следующих факторов:

- характера протекания технологического процесса;
- физико-механических свойств обрабатываемой среды;
- режимов работы агрегата.

Комплексное воздействие этих факторов образует рабочее тяговое сопротивление посевной машины, которое отличается от холостого, представляющее собой сопротивление сеялки перекачиванию (качению).

Рабочее тяговое сопротивление зависит от трения качения, деформации почвы рабочими органами при поступательном движении агрегата и параметров привода механизмов ходового колеса, нагруженного ведомым моментом.

Лобовое сопротивление воздушной среды и дополнительное сопротивление от преодоления препятствий ходовым аппаратом (отсутствующее на подготовленной почве) обычно не учитывают.

Однако при составлении посевного агрегата используют сцепку, сопротивление которой оказывает значительное влияние на рабочее тяговое сопротивление, поэтому обязательно учитывается в расчётах.

Наиболее легко управляемыми в процессе работы с высокой производительностью посевных машин следует считать эксплуатационные параметры.

Выбор рационального соотношения скорости и ширины захвата одновременно решает вопрос о количестве машин в агрегате, использовании мощности трактора и частично использования рабочего времени смены.

Характер протекания технологического процесса посевных агрегатов при нормальных условиях эксплуатации обеспечивает наибольший коэффициент использования ширины захвата, то есть равенство рабочей и конструктивной

ширины захвата. Нарушение указанного равенства приведет к нарушению агротехнических требований в части соблюдения стыковых междурядий. Полное использование конструктивного захвата достигается применением маркеров.

Практика показывает, что зарубежные посевные агрегаты не всегда обеспечивают качественные показатели технологического процесса и получение высоких урожаев на территории РФ в связи с отличающимися почвенно-климатическими условиями. Кроме того, зачастую за рубежом используют более легкие, меньшей мощности тракторы, что затрудняет комплектование с отечественными посевными агрегатами.

Цель исследований – разработать эффективное устройство для многосекционного агрегатирования, подходящее для отечественных современных посевных машин.

Материалы и методы исследований

Исследования проведены в отделе механизации растениеводства Аграрного научного центра «Донской» в 2017–2020 гг. Объект исследования – технологический процесс посева зерновых культур с применением устройства для многосекционного агрегатирования сеялок отечественного производства. Предмет исследования – взаимосвязь конструктивных параметров и режимов функционирования устройства для многосекционного агрегатирования сеялок с показателями технологического процесса посева. Проведено монографическое обследование известных конструкций, расчётно-конструктивным методом обосновано устройство для многосекционного агрегатирования посевных машин, экспериментально получены показатели технологического процесса посева. Показатели технологического процесса определяли в соответствии с ГОСТ 31345.

Результаты и их обсуждение

Разработанная фирмой AMAZONE ED 12000-T прицепная комбинация, состоящая из трёх сеялок точного высева ED с общей шириной захвата 12 м, не приспособлена для агрегатирования отечественных применяемых на юге России сеялок СЗД-4, но может быть использована в качестве аналога.

Отечественными аналогами могут выступать рекомендованные к применению следующие сцепные устройства [6]:

- сцепка СЗР-01, с помощью которой составляется агрегат из трёх сеялок СКП-2,1, с шириной захвата более четырех метров, не имеющий пневматического хода, что препятствует транспортированию по дорогам общего назначения;
- сцепка прицепная универсальная СПУ-10, которая агрегируется с тремя сеялками СЗ-3,6 и СЗП-3,6 на посеве, представляющая собой прицепное устройство на опорных колесах, состоящее из центрального и двух боковых брусьев, соединенных с последним посредством шарниров;
- сцепка С11-КП, состоящая из поворотных штанг, к которым присоединяются сеялки посредством скоб, располагаясь или в одну линию (шеренговое агрегатирование) или со смещением одна относительно другой, для чего используются удлинители (эшелонированное агрегатирование), не имеющая возможности перевода в транспортное положение.

Анализ литературных источников позволил установить, что научные исследования по данной теме направлены в основном на разработку высокоэффективных устройств непосредственного соединения сельскохозяйственной машины с трактором, то есть автосцепок [7–10]. Например, для агрегатирования с навесными сельскохозяйственными машинами авторами [7, 10] предложена шарнирная автосцепка. Шарнирная автосцепка универсальна, может быть использована с любым трактором соответствующего класса тяги, с любой

агрегируемой навесной сельскохозяйственной машиной, в том числе сеялками, не требует изменения конструкции. Данную автосцепку можно использовать в качестве датчика для измерения горизонтальной составляющей силы тяги на крюке (тягового сопротивления машины), что позволит создавать электрогидравлические системы автоматического регулирования глубины обработки почвы и посева.

Патентно-информационный анализ известных сцепных устройств для многосекционного агрегатирования сеялок позволил выделить основные тенденции развития объекта, представленные в виде схемы на рисунке 1.



Рисунок 1 – Основные тенденции развития конструкции сцепных устройств для многосекционного агрегатирования посевных машин

Первоначально для выдерживания постоянной ширины стыкового междурядья при функционировании агрегата из нескольких сеялок использовались сцепные устройства с жёстким соединением секций позиция I (см. рисунок 1).

На поворотах в этом случае необходимо производить демонтаж сеялок, что связано с определёнными трудностями и значительно снижает производительность благодаря увеличению времени останова агрегата по технологическим причинам.

Кроме этого, ухудшается качество посева, поскольку жёсткое соединение секций не позволяет копировать поверхность поля и сглаживать колебания рабочих органов [11].

Разрабатывались сцепные устройства, состоящие из ряда трубчатых отрезков, соединённых шарнирно в одну линию, позиция II (см. рисунок 1).

В подобных устройствах может осуществляться демонтаж секций (трубчатых отрезков) для изменения ширины захвата агрегата, позиция III (см. рисунок 1).

Шарнирное соединение секций повышает маневренность агрегата.

Для упрощения используется автоматический перевод в транспортное положение, позиция IV (см. рисунок 1).

Анализ тенденций развития объекта послужил предпосылкой к разработке оригинальной конструкции.

На основании аналитических исследований разработана конструктивно-технологическая схема сцепного устройства для многосекционного агрегатирования современных отечественных посевных машин (рисунок 2).

Сцепное устройство (см. рисунок 2) состоит из центральной рамы 1, опирающейся на колеса 4, и шарнирно присоединенных боковых секций: левой 2 и правой 3, которые складываются при транспортировании посевного агрегата, маркеров 5. Сеялки монтируются в местах крепления 6, 7.

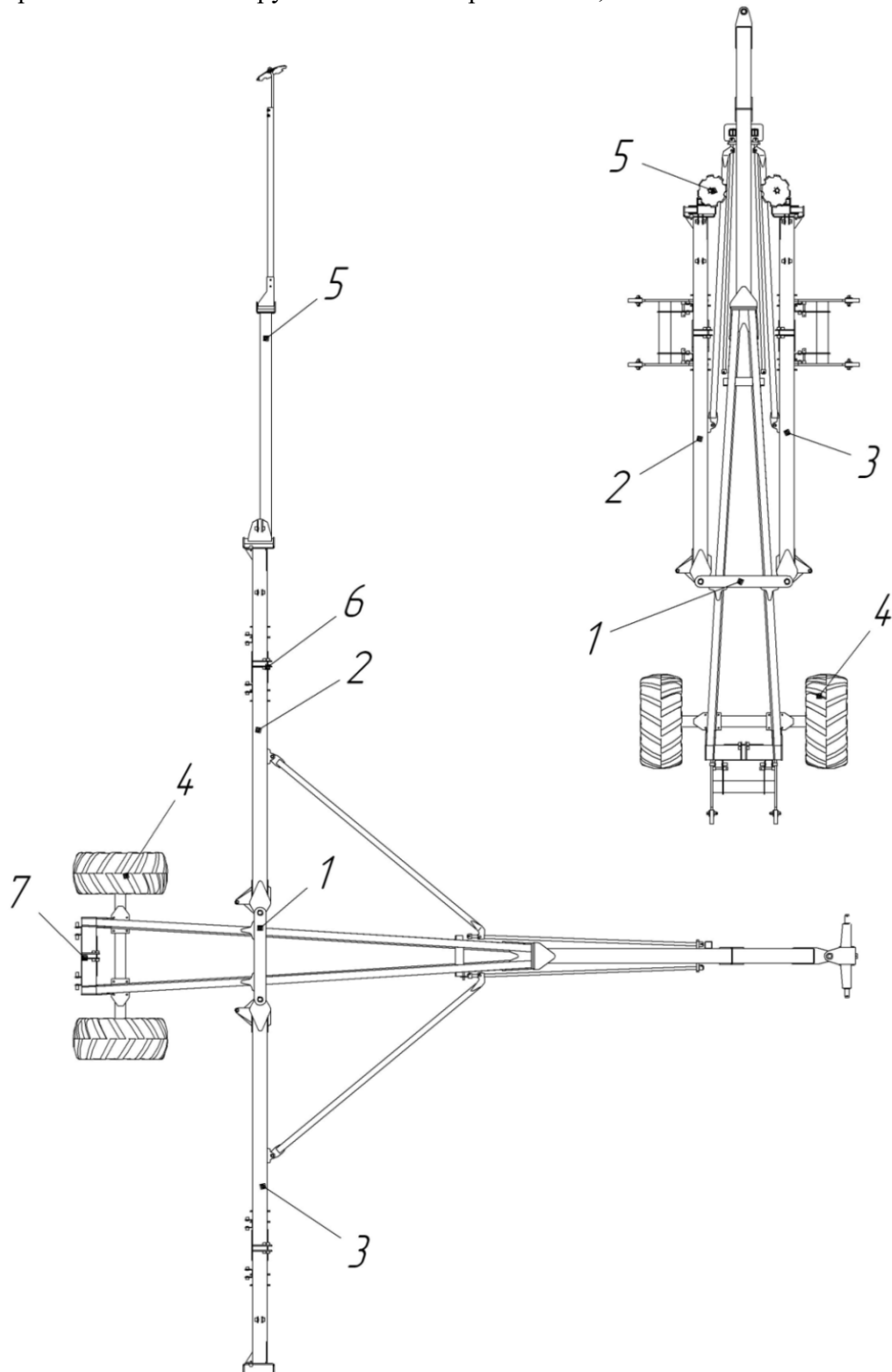


Рисунок 2 – Сцепное устройство (разработчик – АНЦ «Донской»)

Разработана конструкторская документация для изготовления экспериментального образца сцепного устройства для многосекционного агрегатирования посевных машин (рисунок 3, 4).

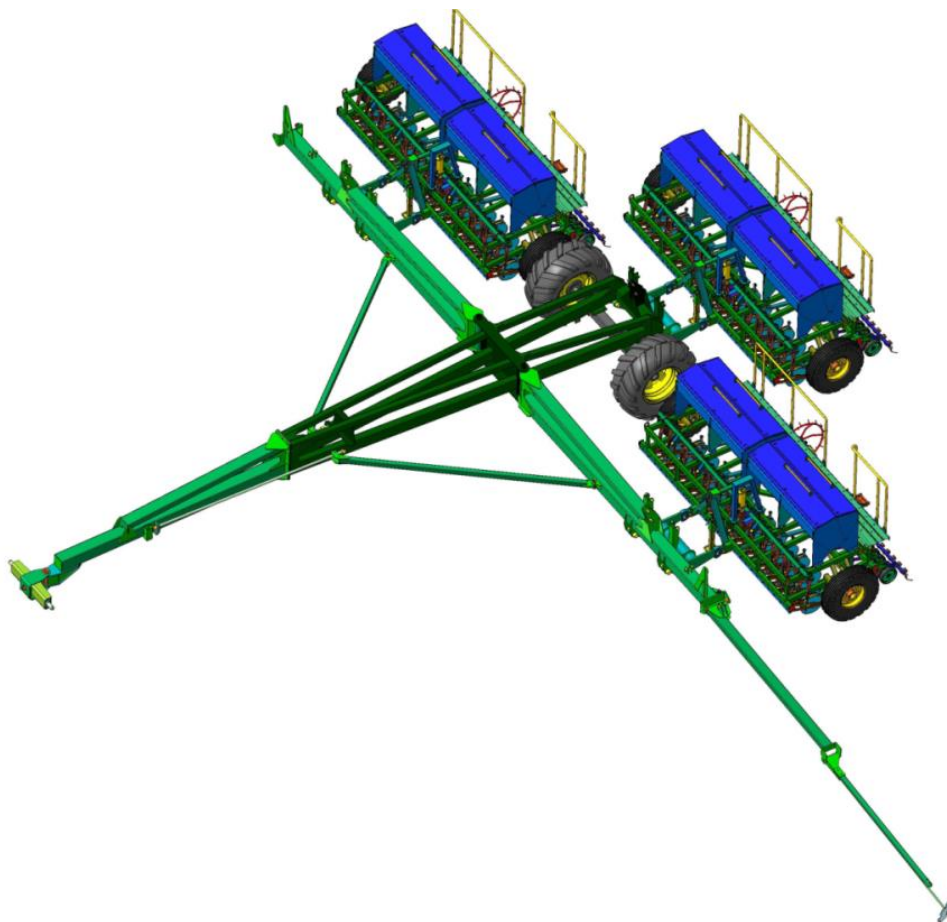


Рисунок 3 – Многосекционное сцепное устройство с сеялками СЗД-4 (разработчик – АНЦ «Донской») в рабочем положении

Устройство содержит левый 5 и правый маркеры, служащие для образования хорошо видимого следа (борозды) параллельно движению агрегата, в результате чего достигается постоянство размеров стыкового междурядья и прямолинейность движения агрегата.

Согласно результатам исследований, удельная энергоёмкость современной отечественной зерновой сеялки СЗД-4 [12], представляющая собой произведение рабочего удельного тягового сопротивления ($0,16\text{--}0,19\text{ кН/м}$) и скорости агрегата ($10,45\text{--}13,50\text{ км/ч}$) находится в пределах нормы ($0,46\text{--}0,71\text{ кВт/м}$), однако её невысокие значения могут быть обусловлены недоиспользованием мощности трактора тягового класса 1,4 (МТЗ-80 или МТЗ-82).

Трактор МТЗ-80(82) с грузом на поле, подготовленном под посев, развивает тяговое усилие $P_T = 8,60\text{--}11,5\text{ кН}$. Тяговое сопротивление СЗД-4, агрегатируемое МТЗ-80(82), составляет $P_T = 6,33\text{--}7,59\text{ кН}$.

Расчёты показывают, что сеялка СЗД-4 обеспечивает загрузку трактора МТЗ-80(82) не более, чем на 73 %. При комплектовании агрегатов экономически целесообразно загрузить трактор по тяговому усилию не менее, чем на 85 %, иначе снижается производительность и увеличивается расход топлива.

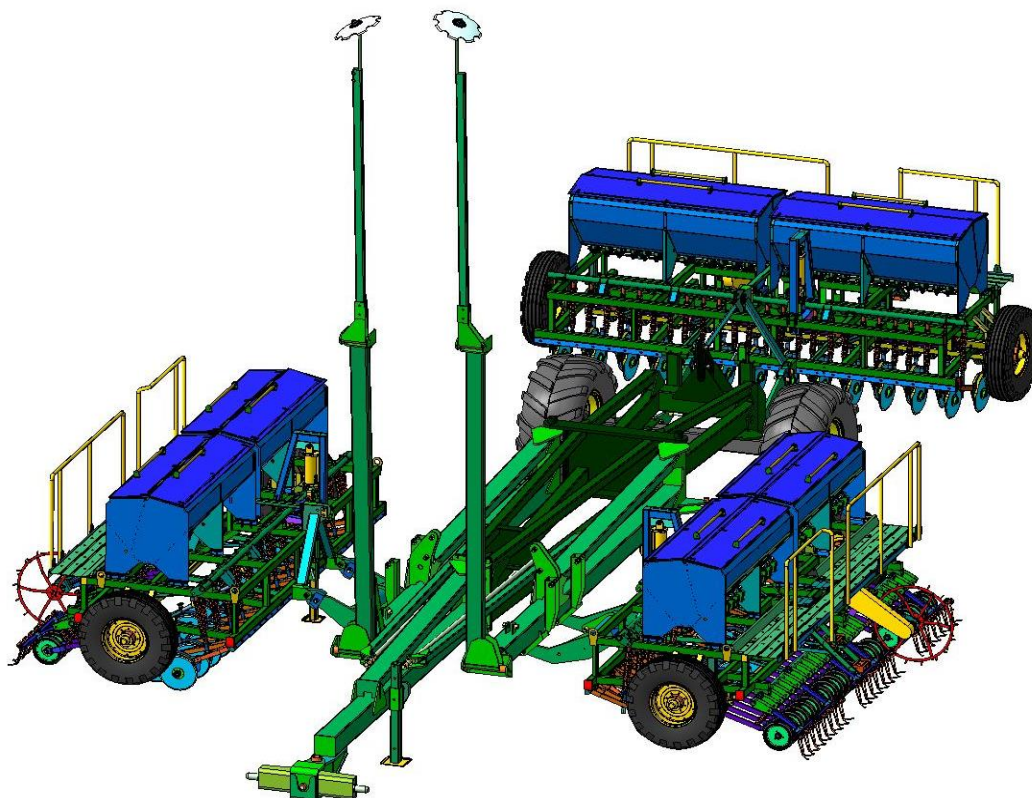


Рисунок 4 – Многосекционное сцепное устройство с сеялками СЗД-4 (разработчик – АНЦ «Донской») в транспортном положении

Данный недостаток устраняется путём использования нескольких сеялок одновременно в агрегате с более энергонасыщенным трактором.

Расчёты показывают, что рациональное количество сеялок СЗД-4 для многосекционного сцепного устройства, агрегируемого трактором тягового класса 3 т, составляет три штуки.

Суммарная ширина захвата посевного агрегата, состоящего из трёх сеялок СЗД-4, монтируемых на сцепном устройстве, в зависимости от выбранного стыкового междурядья составляет до 12,5 м.

Тяговое сопротивление агрегата из трех сеялок СЗД-4 составляет 27,9–31,77 кН (с учётом тягового сопротивления сцепного устройства, равного 9 кН), что соответствует номинальному тяговому усилию трактора класса 3 (30 кН).

То есть, выбирая рациональные конструктивные параметры сцепного устройства для многосекционного агрегатирования сеялок, возможно обеспечение полной загрузки энергосредства при сохранении достаточно высоких качественных показателей технологического процесса, полученных в результате экспериментальных исследований СЗД-4.

По результатам исследований качество выполнения технологического процесса высеваящими аппаратами соответствует нормативным требованиям.

На высева семян озимого ячменя и пшеницы при заданной норме 250 кг/га и 210 кг/га сеялка СЗД-4 обеспечила фактическую норму высева 254,6–258,4 кг/га и 207,0–212,2 кг/га соответственно. Неустойчивость общего высева – 0,6–1,1 % (ячмень) и 0,4–0,7 % (пшеница) – находится в пределах допуска (до 2,8 %) по ГОСТ 26744-89. Процент дробления семян и удобрений находится в пределах допуска. Требуемые показатели качества технологического процесса, выполняемого сеялкой,

подтверждены результатами агротехнической оценки, полученными при полевых исследованиях.

Средняя глубина заделки семян составила 73,8–76,4 мм (ячмень) и 73,1–77,0 мм (пшеница) при максимальном заглублении сошников, а при минимальном – 39,4–41,4 мм и 39,9–42,4 мм соответственно.

Количество семян, заделанных на заданную глубину почвы, соответствует требуемой (не менее 80 %) и составило: 81,8–83,9 % (ячмень) и 80,1–83,3 % (пшеница). Не заделанных семян в почве не обнаружено.

Выводы

На основании аналитических исследований разработано сцепное устройство для многосекционного агрегатирования современных отечественных посевных машин.

Полная загрузки энергосредства при сохранении достаточно высоких качественных показателей технологического процесса возможна при выборе рациональных конструктивных параметров сцепного устройства для многосекционного агрегатирования сеялок.

По результатам исследований качество выполнения технологического процесса высеваящими аппаратами соответствует нормативным требованиям. Неустойчивость общего высева – 0,6–1,1 % (ячмень) и 0,4–0,7% (пшеница) – находится в пределах допуска (до 2,8 %). Количество семян, заделанных на заданную глубину почвы, соответствовало требуемой (не менее 80 %) и составило: 81,8–83,9 % (ячмень) и 80,1–83,3 % (пшеница). Не заделанных семян в почве не обнаружено.

Исследования показали, что тяговое сопротивление агрегата из трех сеялок СЗД-4 составляет 27,99–31,77 кН, что соответствует номинальному тяговому усилию трактора класса 3.

Литература

1. Amundson R., Berhe A. A., Hoptmans J. W., Olson C., Sztein A. E., Sparks D. L. Soil and human security in the 21st century // *Science*. 2015. Vol. 348. Iss. 6235. Art. No. 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071.
2. Boardman J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches // *Catena*. 2006. Vol. 68. Iss. 2–3. P. 73–86. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.007.
3. Lugato E., Paustian K., Panagos P., Jones A., Borrelli P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution // *Global Change Biology*. 2016. Vol. 22. Iss. 5. P. 1976–1984. DOI: 10.1111/gcb.13198.
4. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewel C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // *Environmental Science & Policy*. 2015. Vol. 54. P. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.
5. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of good agricultural and environmental conditions on erosion and soil organic carbon balance: a national case study // *Land Use Policy*. 2016. Vol. 50. P. 408–421. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.09.033.
6. Система испытаний сельскохозяйственной техники. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sistemamis.ru/protocols/vid/2> (дата обращения 02.02.2021).
7. Пархоменко С. Г. Автосцепка для динамометрирования навесных сельскохозяйственных машин // *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018. № 3. С. 165–167.
8. Ranjbarian S., Askari M., Jannatkah J. Performance of tractor and tillage implements in clay soil // *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 2017. Vol. 16. Iss. 2. P. 154–162. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.05.003.
9. Al-Suhaibani S. A., Al-Janobi A. A., Al-Majhadi Y. N. Development and evaluation of tractors and tillage implements instrumentation system // *American Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2010. Vol. 3. Iss. 2. P. 363–371 DOI: 10.3844/ajeassp.2010.363.371.
10. Пархоменко С. Г., Пархоменко Г. Г. Динамометрирование навесных сельскохозяйственных машин // *Труды ГОСНИТИ*. 2016. № 1 (124). С. 125–129.

11. Патент РФ №2176439 «Рабочий орган для подпочвенно-разбросного посева» // Беспамятнова Н. М., Таранин В. И., Бельц А. Ф. Патентообладатель: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства. 05.07.2000.

12. Камбулов С. И., Пархоменко Г. Г., Божко И. В., Бойко А. А. Результаты экспериментальных исследований сеялки для рядового посева СЗД-4,0 // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020. № 14 (2). С. 41–45. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.

References

1. Amundson R., Berhe A. A., Hoppmans J. W., Olson C., Szein A. E., Sparks D. L. Soil and human security in the 21st century // Science. 2015. Vol. 348. Iss. 6235. Art. No. 1261071. DOI: 10.1126/science.1261071.

2. Boardman J. Soil erosion science: reflections on the limitations of current approaches // Catena. 2006. Vol. 68. Iss. 2–3. P. 73–86. DOI: 10.1016/j.catena.2006.03.007.

3. Lugato E., Paustian K., Panagos P., Jones A., Borrelli P. Quantifying the erosion effect on current carbon budget of European agricultural soils at high spatial resolution // Global Change Biology. 2016. Vol. 22. Iss. 5. P. 1976–1984. DOI: 10.1111/gcb.13198.

4. Panagos P., Borrelli P., Poesen J., Ballabio C., Lugato E., Meusburger K., Montanarella L., Alewel C. The new assessment of soil loss by water erosion in Europe // Environmental Science & Policy. 2015. Vol. 54. P. 438–447. DOI: 10.1016/j.envsci.2015.08.012.

5. Borrelli P., Paustian K., Panagos P., Jones A., Schütt B., Lugato E. Effect of good agricultural and environmental conditions on erosion and soil organic carbon balance: a national case study // Land Use Policy. 2016. Vol. 50. P. 408–421. DOI: 10.1016/j.landusepol.2015.09.033.

6. Agricultural machinery testing system. [Electronic resource]. Access point: <http://www.sistemamis.ru/protocols/vid/2> (reference's date 02.02.2020).

7. Parkhomenko S. G. Automatic coupler for dynamometry of mounted agricultural machines // Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy. 2018. No. 3. P. 165–167.

8. Ranjbarian S., Askari M., Jannatkah J. Performance of tractor and tillage implements in clay soil // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 2017. Vol. 16. Iss. 2. P. 154–162. DOI: 10.1016/j.jssas.2015.05.003.

9. Al-Suhaibani S. A., Al-Janobi A. A., Al-Majhadi Y. N. Development and evaluation of tractors and tillage implements instrumentation system // American Journal of Engineering and Applied Sciences. 2010. Vol. 3. Iss. 2. P. 363–371. DOI: 10.3844/ajeassp.2010.363.371.

10. Parkhomenko S. G., Parkhomenko G. G. Dynamometry of mounted agricultural machinery // Trudy GOSNITI. 2016. No. 1 (124). P. 125–129.

11. Patent RF 2176439 “Subsurface broadcast sowing working tool” // Беспамятнова Н. М., Таранин В. И., Бел’ц А. Ф. Патент holder: All-Russian Research Design and Technological Institute of Agricultural Mechanization and Electrification. 05. 07.2000.

12. Kambulov S. I., Parkhomenko G. G., Bozhko I. V., Boyko A. A. Results of experimental studies of the seed drill for row sowing SZD-4.0 // Agricultural Machinery and Technologies. 2020. No. 14(2). P. 41–45. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-2-41-55.

UDC 631.316.023

Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Bozhko I. V.

MULTI-SECTION COUPLING DEVICE FOR AGGREGATION OF MODERN SEEDING MACHINES

Summary. *Choosing rational design parameters of the coupling device for multi-section aggregation of seeders, it is possible to ensure full loading of the power unit while maintaining quality indicators of the technological process at a sufficiently high level. Foreign aggregates are not suitable for use in the Russian Federation due to the different soil and climatic conditions. Purpose of the study: to develop an effective device for multi-section aggregation suitable for domestic modern seeding machines. Subject of the research: the relationship of design parameters and modes of operation of the device for multi-section aggregation of seeders with indicators of the technological process of sowing. A monographic survey of known structures has been carried out, a device for*

multi-section aggregation of seeding machines has been substantiated by the design and construction method, indicators of the technological process of sowing have been experimentally obtained. The developed coupling device for multi-section aggregation consists of a central frame resting on the wheels and articulated side sections: left and right, which fold when transporting the seeding unit. The total working width of the seeding unit is up to 12.5 meters. According to the research results, the quality of the technological process by the seeding devices meets the regulatory requirements. The instability of the total seeding (0.6–1.1 % for barley and 0.4–0.7 % for wheat) is within the tolerance (up to 3 percent); uneven seeding between devices 3.9–4.2 percent (barley) and 2.6–4.2 percent (wheat) corresponds to the norm (up to 5 percent). The number of seeds embedded at a predetermined depth of the soil corresponds to the required (not less than 80 percent) and was 81.8–83.9 percent for barley and 80.1–83.3 percent for wheat. Not embedded seeds were found in the soil.

Keywords: *coupling device, multi-section aggregation, seeder, sowing technological process.*

Пархоменко Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Камбулов Сергей Иванович, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Божко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, младший научный сотрудник отдела механизации растениеводства, структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», ФГБНУ «Аграрный научный центр “Донской”»; 347740, Россия, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 14; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Parkhomenko Galina Gennadiyevna, Cand. Sc. (Tech.), leading researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru.

Kambulov Sergey Ivanovich, Dr. Sc. (Tech.), chief researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: kambulov.s@mail.ru.

Bozhko Igor Vladimirovich, Cand. Sc. (Tech.), junior researcher of the Department of mechanization of crop production, structural unit SKNIIMESH, SSE Agricultural Research Center “Donskoy”; 14, Lenina str., Zernograd, Rostov Region, 347740, Russia; e-mail: i.v.bozhko@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 20.01.2021.

Дата принятия к печати – 01.03.2021.