

ISSN 1817-7204 (Print)
ISSN 1817-7239 (Online)
УДК 631.33.024.3

Поступила в редакцию 06.03.2017
Received 06.03.2017

В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ КОНСТРУКЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ

Аннотация: Урожайность сельскохозяйственных культур определяется качеством их посева. В свою очередь, на качество проведения сева влияет выбор агрегатов для выполнения этой технологической операции, их техническое состояние и настройка, а также соблюдение при посеве всех агротехнических требований. Важнейшим рабочим органом зерновых сеялок и комбинированных почвообрабатывающих посевных агрегатов является сошник. Дисковые сошники хорошо заглубляются на мульчированной почве, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологичности процесса укладки и заделки семян. В связи с этим совершенствование существующих конструкций и разработка принципиально новых дисковых сошников, теоретическое и экспериментальное обоснование их рациональных параметров с целью равномерной укладки и более равномерного распределения семян по площади питания с последующей их заделкой и одновременным внутривспашечным внесением стартовой дозы фосфорных удобрений, уменьшение их металлоемкости и тягового сопротивления является весьма актуальной задачей. В последнее время с учетом перехода на точное земледелие зарубежные и отечественные посевные машины оборудуются, как правило, одно- или двухдисковыми комбинированными сошниками, обеспечивающими скоростной посев с равномерной укладкой и заделкой семян сельскохозяйственных культур по глубине и площади питания. В статье приводится обзор перспективных конструкций и технологических схем дисковых сошников. Он является результатом патентного поиска и анализа существующих конструкций и отражает современные тенденции в развитии этого рабочего органа.

Ключевые слова: точное земледелие, узкорядный посев, повышение производительности посевных машин, дисковые сошники, нулевой угол атаки диска, высокая скорость посева

Для цитирования: Современные тенденции в развитии конструкций и технологических схем дисковых сошников / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 87–98.

V. R. Petrovets, S. V. Kurzenkov, N. I. Dudko, D. V. Grekov

Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Mogilev region, Belarus

MODERN TENDENCIES IN DEVELOPMENT OF STRUCTURE AND TECHNOLOGICAL SCHEMES OF DISC COULTERS

Abstract: Agricultural crops yield is determined by the sowing quality. In turn, the sowing quality depends on choice of machines for this technological operation, their technical condition and adjustment, as well as compliance of all agrotechnical requirements during sowing. The most important operating unit of grain seeders and combined soil cultivating machines is a coulter. Disc coulters are well buried on mulched soil, cut furrows in it at a given depth, without disrupting the process of laying and covering seeds. So improvement of existing design and development of fundamentally new disc coulters, theoretical and experimental substantiation of their rational parameters for the purpose of uniform laying and even distribution of seeds followed by covering and simultaneous intrasoil application of a start dose of phosphorus fertilizers, decrease of metal intensity and traction resistance is a very urgent issue. Recently, taking into account transition to precise farming, foreign and domestic seeding machines are equipped, as a rule, with one- or two-disk combined coulters, providing high-speed sowing with uniform laying and covering of seeds of agricultural crops. The article presents an overview of perspective design and engineering layouts of disc coulters. It is the result of patent search and analysis of existing designs and reflects modern trends in development of this operating unit.

Keywords: precise farming, narrow sowing, increased performance of seeding machines, disc coulters, zero disc attack angle, high speed sowing

For citation: Petrovets V. R., Kurzenkov S. V., Dudko N. I., Grekov D. V. Modern tendencies in development of structure and technological schemes of disc coulters / *Vestsi Natsyyanal'най akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 1, pp. 87–98. (in Russian)

Введение. Перед сельским хозяйством Республики Беларусь стоит ряд задач в направлении повышения объемов производства и обеспечения жителей республики продовольствием, в частности, повышения качества продукции зерновых и льна. Добиться необходимых результатов можно только при соблюдении технологий возделывания, внедрении инновационных технологий в производство, использовании высокопродуктивных сортов зерновых культур и льна, а также при использовании новых рабочих органов [1, 2].

Известно, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит непосредственно от качества посева и только потом от других немаловажных факторов. Так, высокая урожайность напрямую зависит от равномерной глубины заделки семян и достигается при получении ровных и дружных всходов необходимой густоты.

Условиями получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Во-первых, это создание плотного ложа, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеянным семенам, а следовательно, их быстрое набухание и дружное прорастание. Во-вторых, необходимо оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обеспечивает им адекватный водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла кущения, вторичных корней [3]. Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию, стрессовым факторам. Процесс посева, являясь важнейшим звеном в технологии возделывания зерновых и льна, зависит, прежде всего, от конструкции рабочих органов, укладывающих семена в почву [4–6].

Для улучшения качества почвы и достижения оптимальной урожайности особое внимание уделяется в первую очередь посевным рабочим органам – сошникам [7–11]. В Республике Беларусь разработкой и совершенствованием посевных рабочих органов занимается РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Н. Д. Лепешкин, А. А. Точицкий) [12, 13]. Производство почвообрабатывающее-посевных агрегатов, сеялок, рабочих органов (сошников) также осуществляет РУП «Научно-практический центр по механизации сельского хозяйства». В учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» с 1976 г. разработкой сошников занимались А. М. Ширяев [14, 15], Г. К. Демидов, К. К. Курилович [16, 17], Ю. Т. Вагин [18]. В настоящее время на кафедре механизации и практического обучения Белорусской государственной сельскохозяйственной академии эти исследования продолжают В. Р. Петровец [19–23], В. И. Ильин [24], В. А. Гайдуков [25], О. П. Лабурдов [26, 27].

Наиболее оптимальное сочетание водного, воздушного и теплового факторов отмечается именно тогда, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданной глубине, при этом они должны быть уложены на уплотненное ложе бороздок и закрыты рыхлым слоем почвы, имеющей мелкокомковатую структуру. Несоблюдение даже одного из требований приводит к снижению урожайности [7, 8].

Многолетний опыт различных стран мира показывает, что потери растений и колосьев на единице площади могут достигать 60 %, что связано, прежде всего, с качеством подготовки почвы и сева. Начальный период развития растений является самым критическим, они еще не имеют развитых органов питания, поэтому наиболее чувствительны к стрессам и предъявляют чрезвычайно высокие требования к качеству обработки почвы и формированию посевного слоя (семенного ложа) определенных параметров [7, 8].

В связи с этим важным направлением развития сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции является переход к дифференцированным технологиям точного земледелия. [Точное земледелие – это оптимальное управление продуктивностью за посевами с учетом среды обитания растений для каждого квадратного метра поля.] Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды. Такой подход, как показывает международный опыт, обеспечивает гораздо больший экономический эффект и, самое главное, позволяет повысить воспроизводство почвенного плодородия и уровень экологической чистоты сельскохозяйственной продукции. В настоящее время рост

цен на семена, минеральные удобрения, средства защиты растений, технику и другие средства производства в сельском хозяйстве приводит к необходимости повышать эффективность их использования¹ [28, 29]. Поэтому точное земледелие рассматривается в Республике Беларусь как неотъемлемая часть ресурсосберегающего экологического сельского хозяйства и открывает перед производителями новые возможности, особенно в плане обеспечения условий для получения запрограммированного объема продуктов растениеводства высокого качества.

Цель настоящей работы – разработка схем и конструкций однодисковых сошников с двухсторонними ребордами-бороздкообразователями с нулевым (или близким к нулевым) углом атаки диска для работы на высоких скоростях с точной укладкой семян зерновых культур.

Общая часть. В настоящее время в Республике Беларусь создаются условия для ведения точного земледелия. Суть точного земледелия в том, чтобы обработка полей производилась в зависимости от реальных потребностей культур, выращиваемых в данном месте. Эти потребности определяются с помощью мониторинга земельных ресурсов на основе современных информационных технологий, включающих космическую съемку. При этом предполагается, что для достижения максимального эффекта при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ средства обработки могут различаться в пределах отдельных участков поля. Поэтому технологическая и конструкторская база средств и агрегатов для обработки почвы Республики Беларусь должна быть разнообразной и подготовленной к этим изменениям. С учетом этого в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработана, запатентована и прошла практическую апробацию целая серия сошниковых групп посевных машин для разнообразных сельскохозяйственных культур [19]. В данной статье демонстрируются их конструктивные особенности, принципы работы и достоинства по отношению к имеющимся аналогам.

Двухдисковый сошник 3.8.5.4.3.2.2.4.3.5.3.3.1.2.1.1.5.3.5.3 (рис. 1) включает корпус 1, два плоских (левый и правый) диска 2 с ребордами 3. Диски 2 расположены вертикально, параллельно один другому к направлению движения сошника.

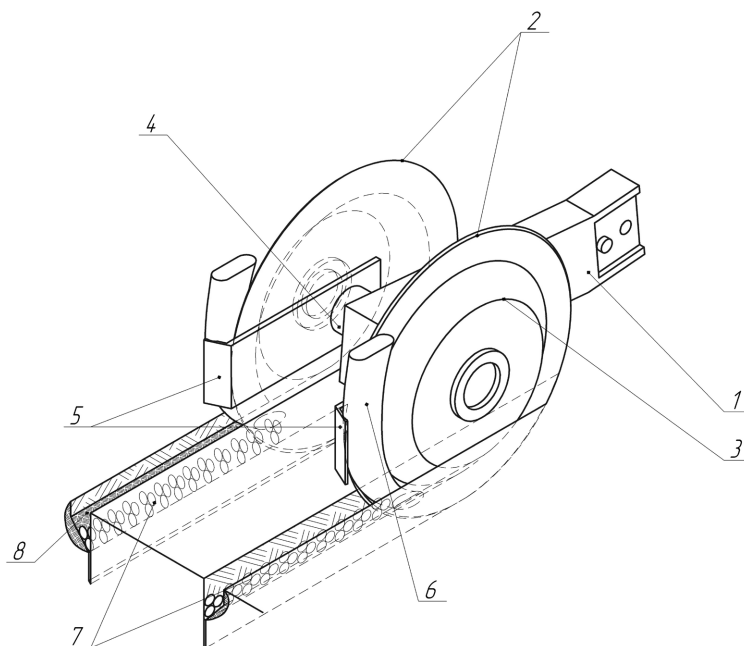


Рис. 1. Технологическая схема двухдискового сошника с внешними симметричными усеченно-конусными ребордами и нулевым углом атаки дисков: 1 – корпус; 2 – диск; 3 – реборда; 4 – ось; 5 – пластина; 6 – семянаправитель; 7 – семена; 8 – бороздка

Fig. 1. Technological scheme of double-disc coulter with external symmetrical conoid flanges and zero attack angle of discs: 1 – housing; 2 – disc; 3 – flange; 4 – axis; 5 – plate; 6 – seed guide; 7 – seeds; 8 – furrow

¹ Точное земледелие [Электронный ресурс] // Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров агропромышленного комплекса 2015. – URL: <http://mcx-consult.ru/d/77622/d/tochnoe-zemledelie.pdf>. – Дата доступа: 15.02.2017.

На корпусе *1* закреплены две оси *4*, на которых установлены два диска *2* с ребордами *3*. Они вращаются на подшипниках качения. Реборды *3* имеют форму усеченных конусов и закреплены с наружных сторон обеих дисков *2*. На корпусе *1* также закреплены две пластины *5*, к которым прикреплены семянаправители *6*, которые размещены за ребордами *3*.

Данный сошник при высеве семян зерновых, зернобобовых, трав и других сельскохозяйственных культур может обеспечить наименьшее тяговое сопротивление при работе на высоких скоростях. Его использование позволит значительно повысить производительность посевных машин и агрегатов.

Комбинированный однодисковый сошник 4.1.9.4.3.2.3.2,3.3.5.3.3.4.2.1.1.6.3.1.1 (рис. 2) для узкорядного посева семян зерновых культур и льна, состоит из корпуса *5*, который присоединяется к поводку сеялки; оси *8*, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск *1* с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребордами *2* и *4*, имеющими форму усеченного конуса с бороздкообразователями *3*; семянаправителей *6* с клапанами *10*, имеющих форму концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками *9* на осях *11*; закрепленных на корпусе чистиков *7*, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей; прикатывающий каток *13*, закрепленный на оси *12*, который в поперечном сечении имеет форму равнобедренного треугольника – симметричную форме реборд, с установленным на поводке чистиком *14*.

Технологическая схема работы **комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева** 3.8.9.4.3.2.3.2,3.3.5.3.3.6.2,3.1.1.4.3.1.1 показана на рис. 3.

Плоский диск *1*, свободно вращающийся на оси *8*, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образует узкую щель *17*, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды *2* и *4* создают по обе стороны от щели *17* уплотненные под углом к горизонту ложа *15*. В уплотненных ложах установленные на ребордах бороздкообразователи *3* с закругленными

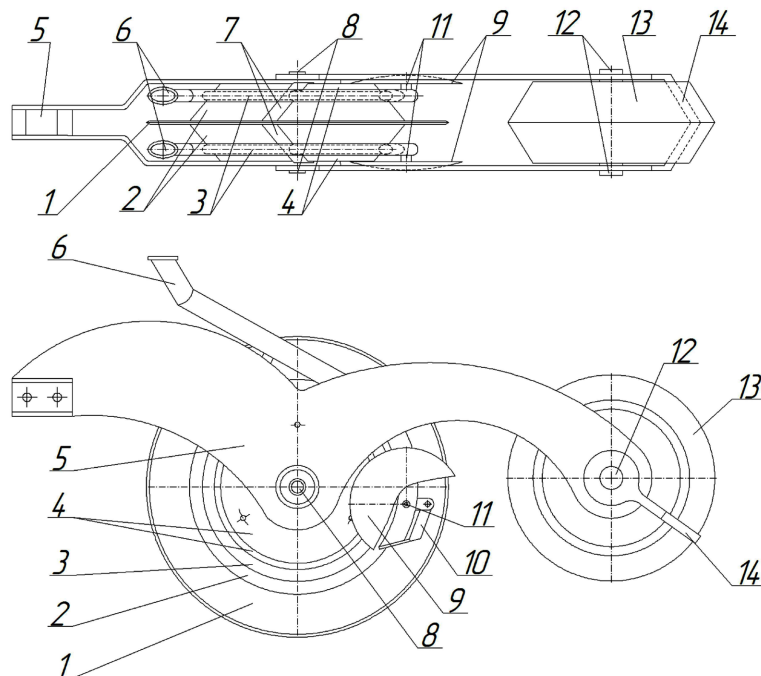


Рис. 2. Комбинированный однодисковый сошник для узкорядного посева: *1* – плоский диск; *2* – реборда; *3* – бороздкообразователь; *4* – реборда; *5* – корпус; *6* – семянаправитель; *7* – чистик; *8* – ось; *9* – диск; *10* – клапан; *11*, *12* – ось; *13* – прикатывающий каток; *14* – чистик

Fig. 2. Combined single disc coulter for narrow row sowing: *1* – flat disc; *2* – flange; *3* – furrower; *4* – flange; *5* – housing; *6* – seed guide; *7* – cleaner; *8* – axis; *9* – disc; *10* – valve; *11*, *12* – axis; *13* – packing roller; *14* – cleaner

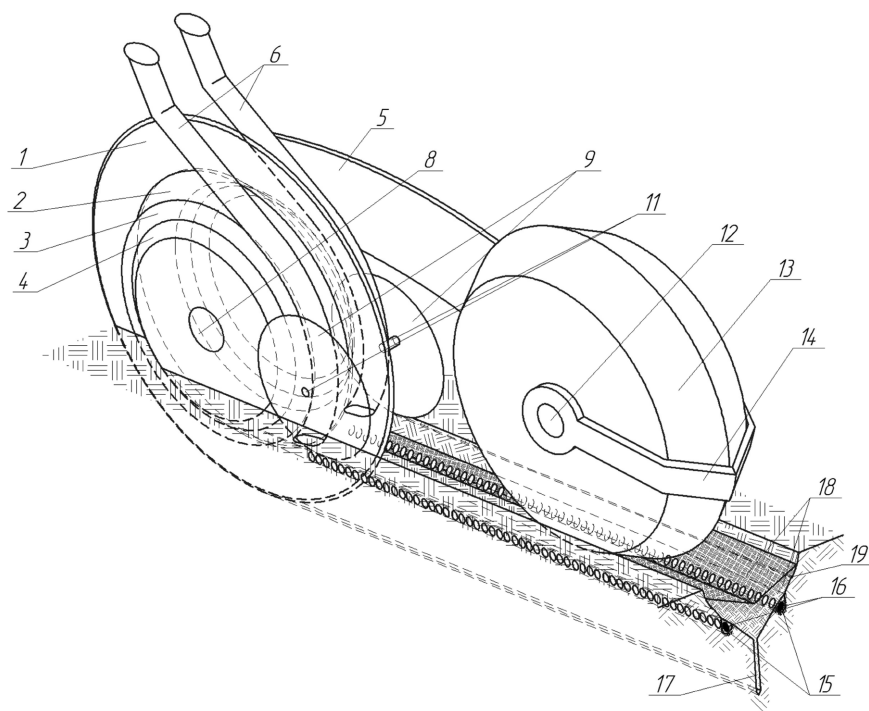


Рис. 3. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – диск; 10 – клапан; 11, 12 – ось; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – семена; 17 – щель; 18 – прослойка почвы; 19 – бороздка

Fig. 3. Technological scheme of combined single disc coulters for narrow row sowing: 1 – flat disc; 2 – flange; 3 – furrower; 4 – flange; 5 – housing; 6 – seed guide; 7 – cleaner; 8 – axis; 9 – disc; 10 – valve; 11, 12 – axis; 13 – packing roller; 14 – cleaner; 15 – bed; 16 – seeds; 17 – gap; 18 – soil layer; 19 – furrow

кромками выдавливают бороздки с расстоянием $b = 62,5$ мм между ними. Потоки семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 16 мелкосеменных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 19 и предотвращают этим осыпание стенок бороздки в районе высева семян. Установленный за сошником на корпусе 5 прикатывающий каток 13 за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы 18 неодинаковой плотности. За счет установленного на поводке чистика 14, копирующего форму катка, почва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель 17 заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующего лучшей всхожести семян.

Двухдисковый четырехстрочный сошник 3.9.5.4.3.2.3.3.3.5.3.6.6.3.1.1.3.3.2.1 (рис. 4) включает корпус 1, два плоских диска 2, на которых симметрично закреплены внутренние и внешние реборды-бороздкообразователи 3. Диски 2 с ребордами-бороздкообразователями 3 расположены вертикально, параллельно один другому и направлению движения сошника. На корпусе 1 закреплены две оси 4, на которых установлены два диска 2 с внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями 3. Они вращаются на подшипниках качения. Реборды-бороздкообразователи 3 закреплены на дисках симметрично, имеют одинаковые диаметры и образуют к периферии диска 2 равнобедренный треугольник (рис. 4, б). Рабочие кромки внутренних и внешних реборд-бороздкообразователей имеют острый угол. На корпусе 1 также закреплены две пластины 5, к которым прикреплены семянаправители 6. Они размещены за внутренними и внешними ребордами-бороздкообразователями 3.

Комбинированный однодисковый сошник 3.8.9.4.3.2.3.1,3.3.1.3. 3.6.2,3.3.1.4.3.1.1 (рис. 5) состоит из корпуса 4, который присоединяется к поводку сеялки; оси 5, на которой крепится с нулевым углом атаки к направлению движения плоский диск 2 с установленными на его

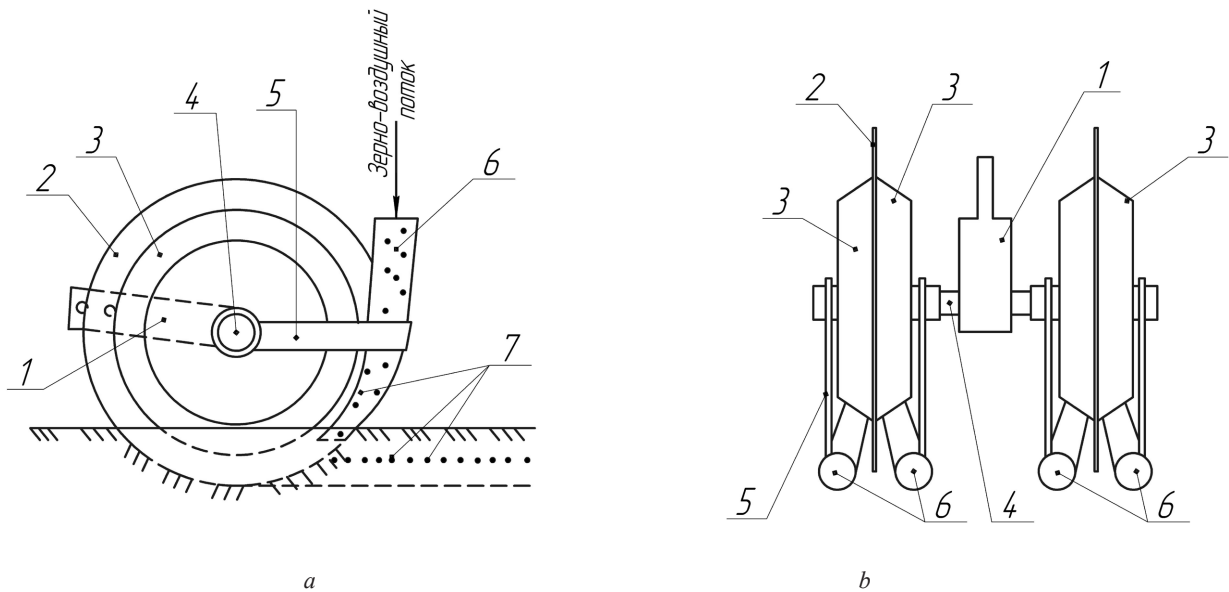


Рис. 4. Технологическая схема работы двухдискового четырехстрочного сошника с усеченно-конусными ребрами и нулевым углом атаки дисков: *a* – вид сбоку; *b* – вид сверху; 1 – корпус; 2 – диск; 3 – ребра; 4 – ось; 5 – пластина; 6 – семянаправитель; 7 – семена

Fig. 4. Technological scheme of two disc four row coulter with conoid flanges and zero attack angle of discs: *a* – side view; *b* – top view; 1 – housing; 2 – disc; 3 – flange; 4 – axis; 5 – plate; 6 – seed guide; 7 – seeds

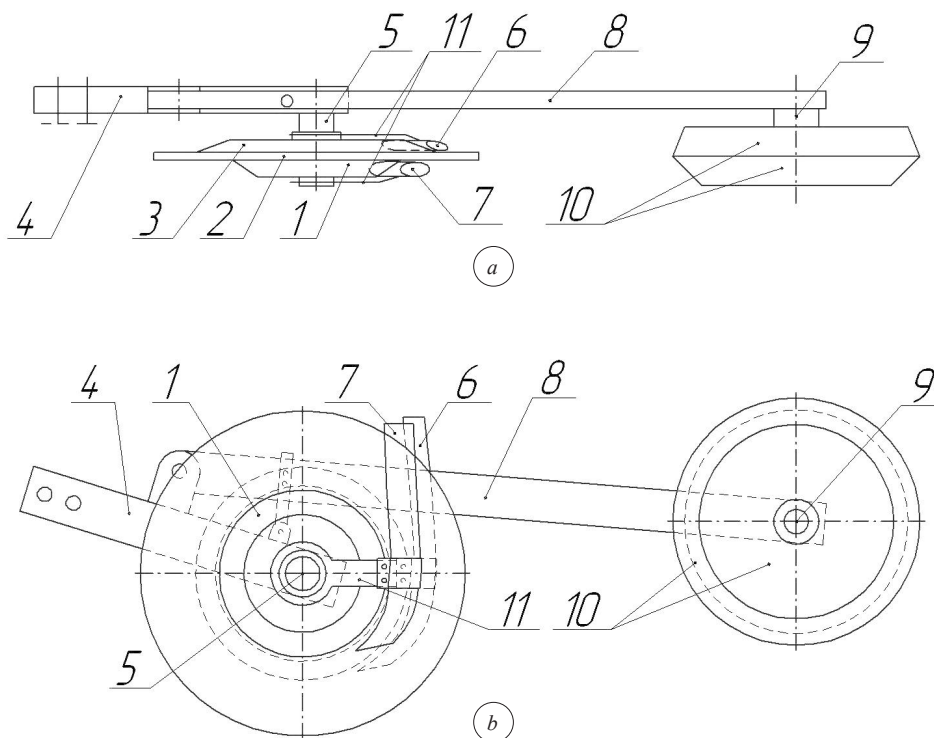


Рис. 5. Комбинированный однодисковый сошник с двухсторонними ребрами-бороздкообразователями с разными диаметрами и нулевым углом атаки дисков: *a* – вид сверху; *b* – вид сбоку; 1 – уплотнители; 2 – плоский диск; 3 – уплотнитель; 4 – корпус; 5 – ось; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 9 – ось; 10 – прикатывающий каток; 11 – пластины

Fig. 5. Combined single disc coulter with double-sided flanges-furrows with different diameters and zero attack angle of discs: *a* – side view; *b* – top view; 1 – seals; 2 – flat disc; 3 – sealant; 4 – housing; 5 – axis; 6 – seed guide; 7 – fertilizer guide; 8 – leash; 9 – axis; 10 – packing roller; 11 – plates

обеих сторонах ребрами-бороздкообразователями 1 и 3, имеющими форму усеченных конусов разных диаметров, ширины и углов вхождения в почву; семянаправителей 6 и туконаправителей 7, имеющих форму, концентричную форме соответствующих им ребрам; пластин 11, на которых они закреплены, и установленного за диском на оси 9 поводка 8, прикатывающего катка 10, поверхность которого имеет ступенчатую форму, каждая из которых имеет форму треугольника, и различные углы прикатывающих кромок.

Схема технологического процесса **комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребрами** 3.8.9.4.3.2.3.3.3.5.5.3.4,5.2,3.3.1.3.3.6.2 представлена на рис. 6.

Диск 2, свободно вращающийся на оси 5, при движении в почве разрезает пожнивные и растительные остатки, образует узкую щель 15, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны ребры-бороздкообразователи-уплотнители 1 и 3 за счет различных диаметров, ширины и углов вхождения в почву создают по обе стороны от щели 15 бороздки разной ширины на разной глубине с уплотненными под разными углами ложами 14. В образованные бороздки на уплотненное ложе 14, из тукопровода по туконаправителю 7 и, соответственно, из семяпровода по семянаправителю 6 под силой тяжести укладываются удобрения 13 и семена 12 зерновых культур.

Образованная плоским диском тонкая щель 15 частично заполняется почвой. Установленный за сошником при помощи поводка 8 прикатывающий каток 10 за счет приданной ему ступенчатой формы и различных углов прикатывающих кромок одновременно вдавливают уложенные ленты удобрений и рядки семян в уплотненные ложа бороздок и образует над ними и между ними слои почвы 16 неодинаковой плотности, обеспечивая этим их оптимальное размещение в почве. Благодаря уплотненному под разными углами ложе бороздок и слоям неодинаковой

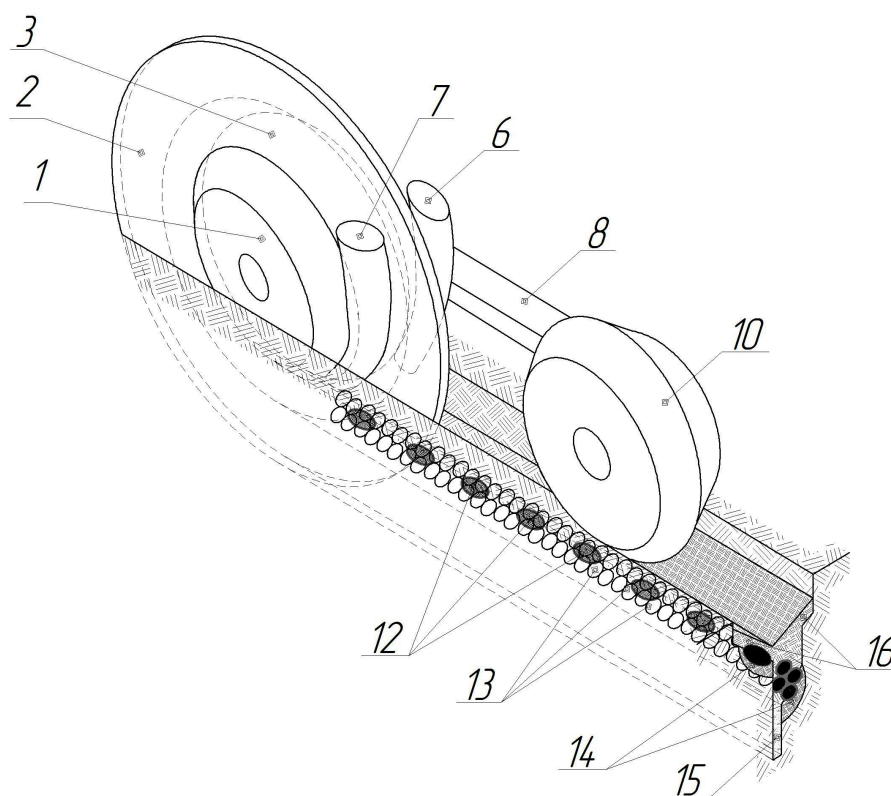


Рис. 6. Технологический процесс комбинированного однодискового сошника с двухсторонними конусными ребрами для узкорядного посева: 1 и 3 – уплотнители; 2 – плоский диск; 6 – семянаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – поводок; 10 – прикатывающий каток; 12 – семена; 13 – удобрения; 14 – уплотненное ложе; 15 – щель; 16 – почва

Fig. 6. Technological process of combined single disc coulter with double-sided conical flanges for narrow row sowing: 1 and 3 – seals; 2 – flat disc; 6 – seed guide; 7 – fertilizer guide; 8 – leash; 10 – packing roller; 12 – seeds; 13 – fertilizers; 14 – packing bed; 15 – gap; 16 – soil

плотности улучшается контакт удобрений и семян с почвой, снижаются потери удобрений и повышается всхожесть семян, а также к заделанным удобрениям и семенам равномерно подтягивается влага.

На рис. 7 представлен **комбинированный однодисковый сошник** 3.8.9.4.3.2.1.2,3.3.5.3.6.4.2,3.1.1.3.3.6.1, состоящий из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренней и наружной ребрами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса, с бороздкообразователями 3; семянаправителями 6 с клапанами 10, имеющих форму, концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11, закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей.

Комбинированный однодисковый сошник 3.8.9.4.3.2.1.1,3.3.5.3.6.4.2,3.3.1.4.3.6.1 (рис. 8) работает также, как и сошник на рис. 2, но без прикатывающего каточка.

Применение данной конструкции однодискового сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных

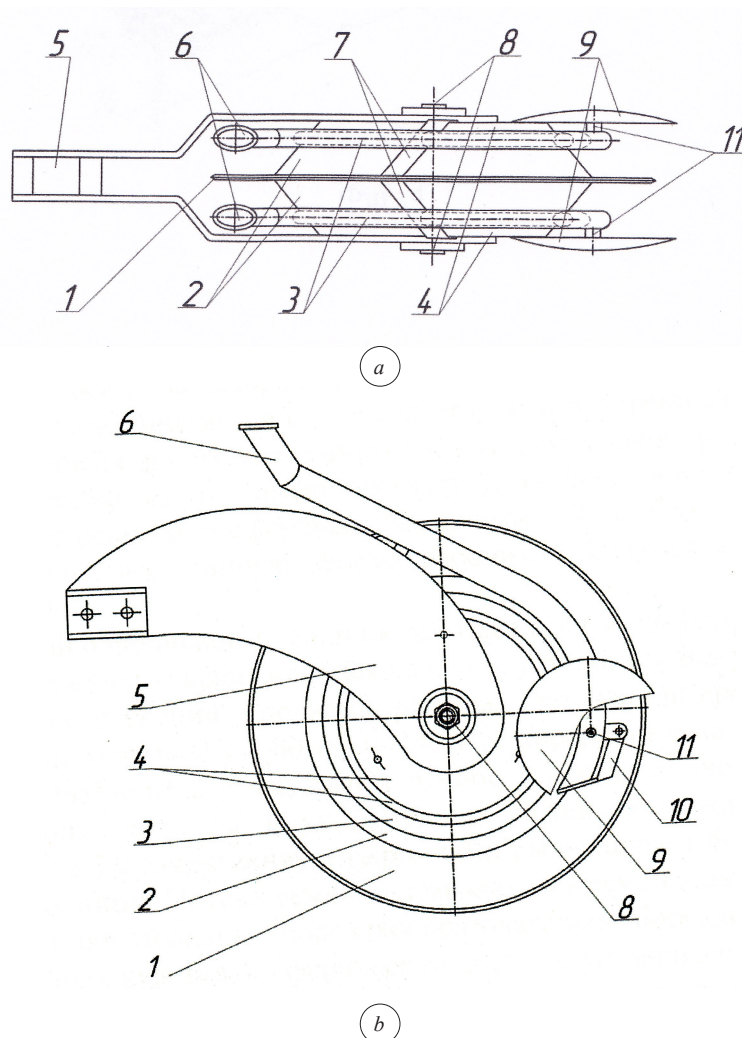


Рис. 7. Комбинированный однодисковый сошник с двусторонними ребрами и сферическими дисковыми загортачами для узкорядного посева: *a* – вид сверху; *b* – вид сбоку; 1 – плоский диск; 2 и 4 – реборды; 3 – бороздкообразователи; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – сферический диск; 10 – клапан; 11 – оси

Fig. 7. Combined single disc coulters with double-sided flanges and spherical disc headers for narrow row sowing: *a* – side view; *b* – top view; 1 – flat disc; 2 and 4 – flanges; 3 – furrowers; 5 – housing; 6 – seed guides; 7 – cleaner; 8 – axis; 9 – spherical disc; 10 – valve; 11 – axes

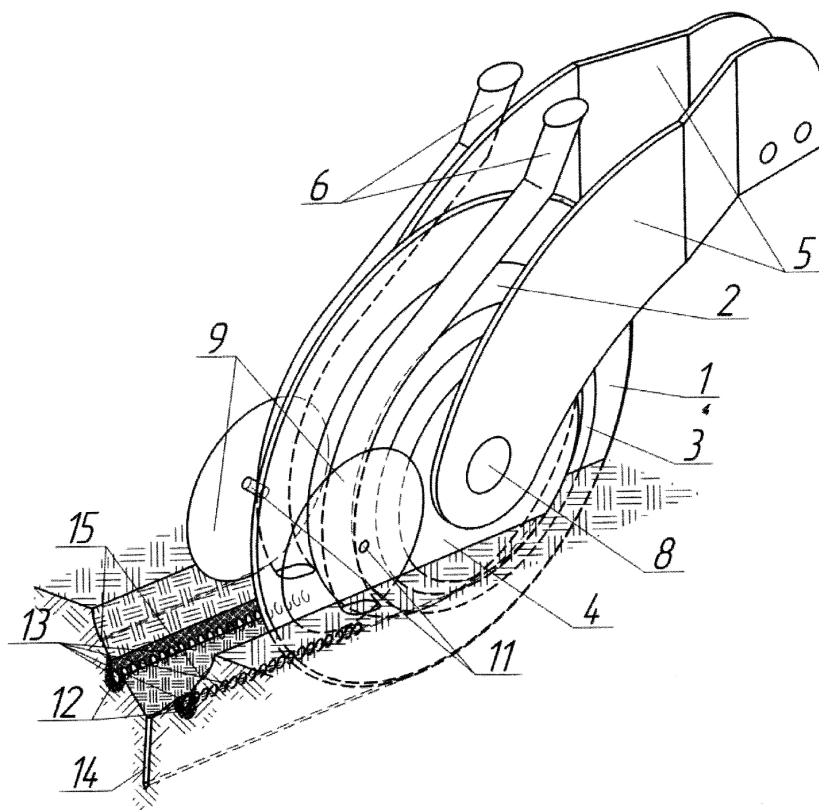


Рис. 8. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двухсторонними ребордами и дисковыми загортачами для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – внутренняя реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – наружная реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 8 – ось; 9 – сферические диски; 11 – ось; 12 – ложе; 13 – семена; 14 – щель; 15 – бороздки

Fig. 8. Technological scheme of combined single disc coulters with double-sided flanges and disc headers for narrow row sowing: 1 – flat disc; 2 – inner flange; 3 – furrower; 4 – outer flange; 5 – housing; 6 – seed guides; 8 – axis; 9 – spherical discs; 11 – axis; 12 – bed; 13 – seeds; 14 – gap; 15 – furrows

щелей; устранить сгуживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, привлекая тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки; сделать рациональным использование конструкции при узкорядном высева мелкосеменных культур за счет использования бороздкообразователей.

Установка дисков с нулевым углом атаки и крена двухдисковых и однодисковых сошников позволяет производить посев на высоких скоростях при этом уменьшить до минимума разброс почвы в сторону, сократить расстояние между рядами сошников (при двухрядном расположении на посевных машинах и агрегатах), значительно уменьшить тяговое сопротивление, создать уплотнение ложа не только дна, но и стенок бороздок.

Заключение. Новые рабочие органы (сошники), разработанные учеными Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, идеально вписываются в прогрессивные технологии точного земледелия при возделывании зерновых культур. Они позволяют: более равномерно распределять семена по площади питания; производить посев зерновых культур на высоких скоростях тяговых механизмов (до 25 км/ч, при конструкции сошников с нулевым (или близким к 0) углом атаки); увеличить производительность посевных машин на 50 % и более; сократить сроки сева зерновых культур при двухрядной расстановке сошников на посевных машинах и агрегатах; создать условия для равномерного и ускоренного подтягивания влаги к семенам.

В совокупности вышеизложенное позволит добиться более ускоренных и равномерных всходов возделываемых культур, их равномерного созревания, а значит сократить в ходе уборки потери и повысить урожайность зерна.

Список использованных источников

1. *Петровец, В. Р.* Распределение семян по глубине двухдисковыми сошниками с нулевым углом атаки дисков с внешними усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2012. – № 2. – С. 153–158.
2. *Петровец, В. Р.* Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц // *Современные проблемы сельскохозяйственной механики : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26–27 мая 1999 г.* / Белорус. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва. – Минск, 1999. – С. 101–104.
3. *Петровец, В. Р.* Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усеченно-конусными бороздкообразователями-уплотнителями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич, Н. И. Дудко. – Горки : БГСХА, 2015. – 212 с.
4. *Петровец, В. Р.* Обзор и исследование одно- и двухстрочных современных дисковых сошников / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц, С. В. Авсюкевич // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2009. – № 1. – С. 128–133.
5. *Авсюкевич, С. В.* Классификация двухдисковых сошников для посева травяных и зерновых культур / С. В. Авсюкевич // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2012. – № 2. – С. 138–143.
6. *Петровец, В. Р.* Анализ и исследование основных типов современных сошников / В. Р. Петровец, С. В. Колос // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2011. – № 1. – С. 123–127.
7. *Lawrence, T.* A comparison of two furrow opener-depth control assemblies for seeding forage grasses / T. Lawrence, F. Dyck // *J. of Range Management.* – 1990. – Vol. 43, N 1. – P. 82–83. DOI: 10.2307/3899127
8. Comparative performance of various disc-type furrow openers in no-till paddy field conditions / F. Ahmad (et al.) // *Sustainability.* – 2017. – Vol. 9, N 7. – P. 1–15. DOI: 10.3390/su9071143
9. *Соколов, В. М.* Исследование сил, действующих на дисковый сошник / В. М. Соколов // *Механизация и электрификация социалист. сел. хоз-ва.* – 1965. – № 3. – С. 44–45.
10. *Соколов, В. М.* Элементы теории устойчивости движения сошников / В. М. Соколов // *Тракторы и сельхозмашины.* – 1962. – № 3. – С. 31–34.
11. *Соколов, В. М.* Исследование работы сошниковой системы посевных машин в почвенных условиях Полесья : автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. М. Соколов ; М-во сел. хоз-ва УССР, Укр. с.-х. акад. – Киев, 1962. – 20 с.
12. *Лепешкин, Н. Д.* Сошник с диском тарельчатой формы / Н. Д. Лепешкин, А. Л. Медведев, А. А. Точицкий // *Междунар. аграр. журн.* – 1999. – № 4. – С. 52–53.
13. *Точицкий, А. А.* Изыскание и исследование сошников к зернотуковым сеялкам для посева на торфяных почвах : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. А. Точицкий. – Минск, 1981. – 179 л.
14. *Ширяев, А. М.* Исследование работы дисковых сошников зерновых сеялок : автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. М. Ширяев ; Ленингр. с.-х. ин-т. – Л., 1966. – 16 с.
15. *Ширяев, А. М.* Устойчивость хода дисковых сошников / А. М. Ширяев // *Механизация и электрификация социалист. сел. хоз-ва.* – 1967. – № 2. – С. 22–23.
16. *Курилович, К. К.* Исследование и совершенствование технологии и рабочих органов сеялки для подпочвенно-разбросного сева зерновых культур : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / К. К. Курилович ; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1973. – 20 с.
17. *Курилович, К. К.* Сравнительная оценка работы сошников при пневматической подаче семян / К. К. Курилович, А. А. Татуев // *Пути повышения эффективности сельскохозяйственной и мелиоративной техники : сб. науч. тр.* / Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1998. – С. 64–68.
18. *Вагин, Ю. Т.* Изыскание, разработка и исследование сошников для посева по свежевспаханной почве : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Ю. Т. Вагин. – Горки, 1972. – 231 л.
19. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В. Р. Петровец [и др.] // *Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук.* – 2017. – № 2. – С. 100–109.
20. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец [и др.] // *Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.* – 2016. – № 3. – С. 137–139.
21. *Петровец, В. Р.* Оценка эффективности работы экспериментального двухдискового сошника с усеченно-конусными ребордами-бороздкообразователями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич, Н. И. Дудко // *Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук.* – 2016. – № 1. – С. 95–103.
22. *Дудко, Н. И.* Ресурсосберегающие технологии и машины для внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур / Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки : БГСХА, 2011. – 293 с.
23. *Петровец, В. Р.* Научные школы и инновационные агроинженерные разработки ученых БГСХА / В. Р. Петровец, В. Н. Клименко // *Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук.* – 2015. – № 3. – С. 48–54.
24. *Ильин, В. И.* Посев сельскохозяйственных культур сеялкой с однодисковыми сошниками и опорно-прикатывающими катками : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В. И. Ильин. – Горки, 1991. – 183 л.
25. *Гайдуков, В. А.* Повышение качества посева зерновых культур сошниковой группой с распределением и прикатыванием семян по ленте : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В. А. Гайдуков ; Белорус. с.-х. акад. – Горки, 1998. – 21 с.

26. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / О. П. Лабурдов ; Белорус. науч.-исслед. ин-т льна, Опыт. ст., Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2002. – 20 с.

27. Дудко, Н. И. Исследование эффективности работы комбинированного сошника с разновеликими дисками / Н. И. Дудко, О. П. Лабурдов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства : материалы междунар. науч.-практ. конф., г. Горки, 12–14 окт. 2000 г. / Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2001. – Ч. 2. – С. 90–95.

28. Припоров, Е. В. Анализ сошников ресурсосберегающих технологий посева зерновых культур [Электронный ресурс] / Е. В. Припоров, Д. С. Левченко // Науч. журн. КубГАУ. – 2015. – № 109. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/23.pdf>. – Дата доступа: 15.12.2017.

29. Косолапов, В. В. Сравнительный анализ сошниковых механизмов посевных агрегатов / В. В. Косолапов, Е. В. Косолапова // Вестн. НГИЭИ. – 2011. – Т. 2, № 1 (2). – С. 77–89.

References

1. Petrovets V. R., Avsyukevich S. V. Distribution of seeds according to the depth by two-disc ploughshares with a zero angle of slope of discs with outer truncated conical ledges furrowmakers. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2012, no. 2, pp. 153–158 (in Russian).

2. Petrovets V. R., Chaichits N. V. The problem of equal agricultural crops seeding by universal pneumatic seeders with intensive cultivation technology. *Sovremennye problemy sel'skokhozyaistvennoi mekhaniki: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Minsk, 26–27 maya 1999 g.)* [Modern problems of agricultural mechanics: materials of the International scientific and practical conference (Minsk, May 26–27, 1999)]. Minsk, 1999, pp. 101–104 (in Russian).

3. Petrovets V. R., Avsyukevich S. V., Dudko N. I. *Cereals seeding with disk coulters with truncated-conical compactors*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2015. 212 p. (in Russian).

4. Petrovets V. R., Chaichits H. B., Avsyukevich S. V. Review and research of single- and double-row modern disk coulters. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2009, no. 1, pp. 128–133 (in Russian).

5. Avsyukevich S. V. Classification of two-disc ploughshares for sowing of grasses and grain crops. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2012, no. 2, pp. 138–143 (in Russian).

6. Petrovets V. R., Kolos S. V. Analysis and research into the main types of modern ploughshares. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2011, no. 1, pp. 123–127 (in Russian).

7. Lawrence T., Dyck F. A comparison of two furrow opener-depth control assemblies for seeding forage grasses. *Journal of Range Management*, 1990, vol. 43, no. 1, pp. 82–83. DOI: 10.2307/3899127

8. Ahmad F., Weimin D., Qishou D., Rehim A., Jabran K. Comparative performance of various disc-type furrow openers in no-till paddy field conditions. *Sustainability*, 2017, vol. 9, no. 7, pp. 1–15. DOI: 10.3390/su9071143

9. Sokolov V. M. Investigation of forces affecting a disk coulters. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaistva* [Mechanization and Electrification of Socialist Agriculture], 1965, no. 3, pp. 44–45 (in Russian).

10. Sokolov V. M. Elements of the theory of stability of a coulters movement. *Traktory i sel'khomashiny* [Tractors and Agricultural Machines], 1962, no. 3, pp. 31–34 (in Russian).

11. Sokolov V. M. *Investigation of the work of sowing machines opener system in the soil conditions of Polessie*. Abstract of doctoral thesis in engineering. Kyiv, 1962. 20 p. (in Russian).

12. Lepeshkin N. D., Medvedev A. L., Tochitskii A. A. Coulters with a plate disc. *Mezhdunarodnyi agrarnyi zhurnal* [International Agrarian Journal], 1999, no. 4, pp. 52–53 (in Russian).

13. Tochitskii A. A. *Survey and research of coils to fertilizer grain drills for sowing on peat soils*. Doctoral thesis in engineering. Minsk, 1981. 179 p. (in Russian).

14. Shiryaev A. M. *Investigation of the work of disk coulters to grain seeders*. Abstract of doctoral thesis in engineering. Leningrad, 1966. 16 p. (in Russian).

15. Shiryaev A. M. Stability of disc coils movement. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo sel'skogo khozyaistva* [Mechanization and Electrification of Socialist Agriculture], 1967, no. 2, pp. 22–23 (in Russian).

16. Kurilovich K. K. *Investigation and improvement of the technology and working parts of seeders for subsoil spreading cereals sowing*. Abstract of doctoral thesis in engineering. Gorki, 1973. 20 p. (in Russian).

17. Kurilovich K. K., Tatuev A. A. Comparative evaluation of coulters performance work in the process of pneumatic feeding of seeds. *Puti povysheniya effektivnosti sel'skokhozyaistvennoi i meliorativnoi tekhniki: sbornik nauchnykh trudov* [Ways of increasing the performance of agricultural and meliorative machinery: a collection of scientific works]. Gorki, 1998, pp. 64–68 (in Russian).

18. Vagin Yu. T. *Survey, development and research on coulters for fresh soil sowing*. Doctoral thesis in engineering. Gorki, 1972. 231 p. (in Russian).

19. Petrovets V. R., Kurzenkov S. V., Grekov D. V., Dudko N. I. Classification of disc coulters according to technological and design parameters. *Vestni Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk* = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series, 2017, no. 2, pp. 100–109 (in Russian).

20. Petrovets V. R., Kurzenkov S. V., Dudko N. I., Grekov D. V. Combined one disc ploughshare with symmetrical bilateral flanges-furrow makers and zero angle of attack. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2016, no. 3, pp. 137–139 (in Russian).

21. Petrovets V. R., Avsyukevich S. V., Dudko N. I. Assessment of the efficiency of an experimental two-disk ploughshare with truncate conical furrow forming ledges. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2016, no. 1, pp. 95–103 (in Russian).

22. Dudko N. I., Petrovets V. R. *Resource-saving technologies and machines for mineral fertilizers application and cereals sowing*. Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2011. 293 p. (in Russian).

23. Petrovets V. R., Klimenko V. N. Scientific schools and innovative engineering developments of the scientists of the Belarusian State Agricultural Academy. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2015, no. 3, pp. 48–54 (in Russian).

24. Il'in V. I. *Agricultural crops sowing with a single disk and packing wheel planter*. Doctoral thesis in engineering. Gorki, 1991. 183 p. (in Russian).

25. Gaidukov V. A. *Improvement of the quality of cereals sowing due to a furrow group with seed distribution and rolling on a tape*. Abstract of doctoral thesis in engineering. Gorki, 1998. 21 p. (in Russian).

26. Laburdov O. P. *Improvement of the efficiency of mineral fertilizers application with multi-discs combined coulters*. Abstract of doctoral thesis in engineering. Gorki, 2002. 20 p. (in Russian).

27. Dudko N. I., Laburdov O. P. Investigation of the efficiency of multi-discs combined coulters performance *Aktual'nye problemy mekhanizatsii sel'skokhozyaistvennogo proizvodstva: materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Gorki, 12–14 oktyabrya 2000 g.)* [Actual problems of mechanization of agricultural production: materials of the International scientific and practical conference (Gorki, October 12–14, 2000)]. Gorki, 2001, vol. 2, pp. 90–95 (in Russian).

28. Priporov E. V., Levchenko D. S. Analysis of coulters of resource-saving technologies for cereals sowing. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific Journal of KubSAU], 2015, no. 109. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/23.pdf> (accessed 15.12.2017). (in Russian).

29. Kosolapov V. V., Kosolapova E. V. Comparative analysis of coulters mechanisms of sowing units. *Vestnik NGIEI* [Bulletin NGIEI], 2011, vol. 2, № 1 (2), pp. 77–89 (in Russian).

Информация об авторах

Петровец Владимир Романович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой механизации растениеводства и практического обучения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Курзенков Сергей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры высшей математики, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: sergktr@tut.by

Дудко Николай Иванович – кандидат технических наук, профессор, профессор кафедры механизации растениеводства и практического обучения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: dudko@tut.by

Греков Дмитрий Викторович – магистр технических наук, ассистент, ассистент кафедры механизации и растениеводства и практического обучения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: grek4you@mail.ru

Information about authors

Petrovets Vladimir R. – D.Sc. (Engineering), Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Kurzenkov Sergey V. – Ph.D. (Engineering), Assistant Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: sergktr@tut.by

Dudko Nikolay N. – Ph.D. (Engineering), Professor. Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: dudko@tut.by

Grekov Dmitriy V. – M.S. (Engineering). Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev region, the Republic of Belarus). E-mail: grek4you@mail.ru