

УДК 631.33.024.3

**ПОИСКОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ БОРОЗДКООБРАЗОВАНИЯ И
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ПО ГЛУБИНЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОДИСКОВЫХ
СОШНИКОВ С НУЛЕВЫМ УГЛОМ АТАКИ ДИСКА И СИММЕТРИЧНО
РАСПОЛОЖЕННЫМИ ДВУСТОРОННИМИ РЕБОРДАМИ**

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, С. В. КУРЗЕНКОВ, Н. И. ДУДКО, Д. В. ГРЕКОВ

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Республика Беларусь, 213407*

(Поступила в редакцию 28.09.2018)

Процессы рационального расположения семян по посевной площади, правильной их заделки, сокращения сроков сева интересуют аграриев давно. Анализ литературных источников и проведенные теоретические исследования показали, что наиболее полно учтены затронутые выше аспекты возможно при посеве сельскохозяйственных культур однодисковыми сошниками с нулевым углом атаки диска и симметрично расположенными двухсторонними ребордами бороздкообразователями, конструкция которых предложена сотрудниками Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Для проверки выдвинутой гипотезы была разработана методика проведения поисковых экспериментов по изучению процессов бороздкообразования и заделки семян с использованием сошников предлагаемой конструкции. Руководствуясь этой методикой, были осуществлены поисковые лабораторные опыты, позволившие оценить динамику изменения выбранных результирующих факторов (среднего квадратического отклонения заделки семян от рекомендуемой глубины и ширины образуемой бороздки) при изменении скорости сошника, установочной глубины заделки семян, ширины реборд-бороздкообразователей и статического усилия нажимной пружины сошника. Обоснованы границы варьирования конструктивных параметров предлагаемого оборудования и технологических параметров рассматриваемых процессов.

Результаты работы будут использованы в многофакторных экспериментах для выбора рациональных параметров исследуемых однодисковых сошников и выработки технологических рекомендаций по их использованию при посеве различных сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: *посев, дисковый сошник, конструктивные и эксплуатационные параметры, границы варьирования параметров.*

The processes of rational arrangement of seeds on the sown area, their proper covering, reduction of sowing time are of interest to farmers for a long time. Analysis of the literature and theoretical studies have shown that the aspects mentioned above are most fully taken into account when sowing crops with single-disk openers with zero angle of attack of the disk and symmetrically arranged bilateral ledges for furrow formation, the design of which has been proposed by the staff of the Belarusian State Agricultural Academy.

To test the hypothesis put forward, a methodology was developed for conducting exploratory experiments to study the processes of furrow formation and seed embedding using the openers of the proposed design. Guided by this technique, we carried out exploratory laboratory experiments that allowed us to estimate the dynamics of changes in selected result factors (average quadratic deviation of seed embedding from recommended depth and width of the groove formed) when there is a change in the coulters speed, in the set depth of seed covering, the width of ledges for furrow formation and the static force of coulters pressure spring. We have substantiated the limits of variation of design parameters of the proposed equipment and technological parameters of the considered processes.

The results of the work will be used in multifactor experiments to select the rational parameters of the single-disk coulters under study and develop technological recommendations on their use when sowing various crops.

Keywords: *seeding, disk coulters, design and operational parameters, limits of variation of parameters.*

Введение

Процессы рационального расположения семян по посевной площади, правильной их заделки, сокращения сроков сева интересуют аграриев давно [1, 2, 3]. Ученые многих стран настойчиво ищут оптимальные способы посева, а также рабочие органы для его осуществления.

Одним из основных требований к посеву является равномерность распределения семян сельскохозяйственных культур по площади питания. Известно, что в идеальном случае площадь питания растения имеет форму круга. Однако традиционные методы посева и используемые технические средства не дают возможность осуществить такой посев. Поэтому в практике отечественного сельскохозяйственного производства наиболее широкое распространение получил обычный рядовой посев с междурядьем в 12,5–15 см, где форма площади питания отдельно взятого семени представлена сильно вытянутым прямоугольником. Величина междурядий этого способа посева сложилась исторически, но она не обоснована ни опытом сельскохозяйственного производства, ни данными научно-исследовательских учреждений [4]. Принятая для рядового посева

ширина междурядий не способствует равномерности размещения растений по площади питания, особенно при высоких нормах высева, вызывая снижение их продуктивности.

Практические же исследования показывают [5, 6, 7], что для оптимального размещения семян зерновых культур при посеве величину междурядий необходимо уменьшить, по меньшей мере, вдвое. Поэтому применение узкорядного посева (6,25 и 7,5 см) способствовало бы улучшению равномерности размещения семян по площади питания.

Также важным требованием к посеву сельскохозяйственных культур является правильная, с точки зрения соблюдения агротехнических требований, заделка их семян [8]. Причем данный компонент сева зависит не только от вида высеваемой культуры, но и от погодных условий, влажности, состава и подготовленности почвы. На суглинистых почвах семена высевают на глубину 2–4 см, на среднесуглинистых, супесчаных и торфяных – на 3–5 см. При запаздывании с посевом и пересыхании почвы глубину увеличивают на 1–2 см.

Существующими агротехническими требованиями регламентировано, что отклонение глубины заделки семян от рекомендуемой не должно превышать 15 %. Наличие не заделанных в почву семян не допускается. Отклонение ширины стыковых междурядий смежных проходов от основных не должно превышать 15 см. Крайне важно создание уплотненного семенного ложа (1,2–1,25 г/см²) для семян [9], которое способствует подтягивать к ним влаги, особенно при ее дефиците, а значит и скорейшему их набуханию и прорастанию.

Известно, что почти 20 % урожая теряется из-за нарушения сроков выполнения посевных работ. Это означает, что посев сельскохозяйственных культур должен быть проведен в оптимальные агротехнические сроки. В связи с этим немаловажным фактором является скорость осуществления посева, т. е. максимально возможная скорость посевного оборудования, при которой будут обеспечены приведенные выше агротехнические требования, а также достаточная равномерность высева по ширине захвата, глубине заделки и ходу его движения.

Данный фактор важен и с точки зрения экономических показателей осуществления посева, так как возможность варьирования в широких диапазонах скоростями посевного оборудования позволяет выбрать для этого наиболее рациональные и обоснованные значения.

Основная часть

Проведенный анализ литературных источников [10, 11, 12] и теоретические исследования [13, 14, 15], а также их выводы показали, что наиболее полно учесть затронутые выше аспекты возможно при посеве сельскохозяйственных культур однодисковыми сошниками с нулевым углом атаки диска и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями. Подробное описание предлагаемого сошника и принцип его работы рассмотрен в источнике [16].

Особенностью предлагаемой конструкции однодискового сошника является то, что при вертикальном (или близком к вертикальному) вхождении в почву и нулевом угле атаки предлагаемый нами сошник изменяет принцип бороздкообразования.

Традиционно процесс бороздкообразования происходит за счет выноса почвы при движении в ней рабочих органов сошника. С использованием предлагаемого сошника на небольших глубинах заделки семян (до 4 см) наблюдается накатывание бороздок, а для образования бороздок свыше 4 см – комбинированное формирование бороздок за счет смещения слоев почвы и умеренного его выноса из бороздок. Этот прием позволяет сохранить влагу на глубине заделки семян. Хочется отметить, что при таком способе образования бороздок с целью заделки семян на глубину, превышающую 4 см, нужно проводить дополнительную подготовку почвы, что, как правило, делается и перед традиционным посевом.

Анализ работы предлагаемых сошников [10, 15] показывает, что в случае их использования при посеве из всего многообразия конструктивных и технологических параметров исследуемого сошника основными будут являться усилие, оказываемое на сошник, конфигурация сошника и его скорость движения.

Например, глубину и стабильность хода сошников в почве (и связанную с ней равномерность образования глубины бороздки) можно регулировать за счет изменения нагрузки на сошник (за счет предпосевных установочных регулировок и усилия пружины), выбора направления силы тяги (переносом точки присоединения поводков по горизонтали и вертикали) и подбором рациональной скорости движения.

Для исследуемого сошника важнейшим параметром, отвечающим за стабильность и устойчивость процесса бороздкообразования, будет статическое усилие нажимной пружины, которое должно сглаживать вертикальные и горизонтальные колебания сошникового рабочего органа в почве.

Очевидно, что данное усилие должно быть гораздо больше, чем в традиционно применяемых сошниковых устройствах (140–160 Н). Поэтому для предлагаемой конструкции сошника целесообразно рассмотреть это значение до 450 Н.

Было определено, что экспериментальные исследования работы сошников для узкорядного посева целесообразно проводить при скоростях движения сошников от 1,78 м/с (6,4 км/ч) до 10,0 м/с (36,0 км/ч). Нижнее значение определялось условием минимальной скорости движения агрегата при посеве зерновых. Верхнее значение определялось на основании действующих максимальных скоростей прогрессивных образцов посевного оборудования.

Из условия универсальности применения проектируемого сошника был сделан вывод, что регулируемая глубина хода диска сошника должна изменяться в пределах от 0,01 до 0,06 м. Нижнее значение этого параметра соответствует посеву семян трав и других мелкосемянных культур, а верхнее посеву семян гороха, кукурузы и других крупносемянных культур в Республике Беларусь.

С точки зрения простоты изготовления, в исследуемых конструкциях сошников применялись реборды-бороздкообразователи конической формы с шириной от 0,03 до 0,05 м. Данный диапазон изменения параметра был обусловлен техническими возможностями установки семяпровода и вводом семян через него.

Исходя из результатов приведенного анализа, для проведения поисковых экспериментов был сформирован и ранжирован окончательный набор основных независимых факторов экспериментов, а также определен их диапазон изменения (таблица).

Независимые факторы и их уровни варьирования для исследования процессов бороздкоформирования и заделки семян при использовании однодискового сошника с нулевым углом атаки диска и симметричными ребордами-бороздкообразователями

Порядок исследования	Наименование параметров и их размерность при проведении экспериментов	Границы варьирования	
		нижний (-)	верхний (+)
1	Скорость движения сошника, v (м/с)	1,78	10,0
2	Ширина реборды, b_p (м)	0,03	0,05
3	Настраиваемая глубина заделки семян, $\Delta_{н.г.}$ (м)	0,01	0,06
4	Статическое усилие нажимной пружины на сошник, F_n (Н)	250	450

С целью определения степени влияния основных факторов, подтверждения и уточнения установленных ограничений нами были проведены однофакторные поисковые эксперименты. Опыты проводились на культурах, в трёхкратном повторении. Обсуждались только те результаты, которые воспроизводились в каждом опыте. Объектом исследований являлись технологические процессы бороздкоформирования и заделки семян дисковым сошником предлагаемой конструкции. Предметом исследования выступали закономерности влияния независимых факторов (таблица) на выбранные результирующие факторы: σ_{Δ_3} – среднее квадратическое отклонение заделки семян от рекомендуемой глубины для используемой посевной культуры, м и $b_{бор}$ – ширина образуемой бороздки, м.

По повторностям значения фактора σ_{Δ_3} определялось по формуле:

$$\sigma_{\Delta_3} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \sum_{i=1}^3 (\Delta_i - \Delta_{н.г.})^2}, \quad (1)$$

где Δ_i – глубина заделки семян для i -ой повторности; $\Delta_{н.г.}$ – настраиваемая глубина заделки семян, а для $b_{бор}$, как среднее арифметическое показателей.

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием стандартных и частных методик проведения экспериментов с применением метода планирования [17, 18].

Исследования проводились в почвенном канале кафедры «Сельскохозяйственные машины» и на опытном поле УО БГСХА. Перед проведением опыта готовилась исследовательская площадка. Ее почва рыхлилась, увлажнялась, перемешивалась в однородную объемную массу, выравнивалась. Опыты проводились при одинаковой объемной массе и влажности почвы.

Для выполнения исследований по намеченной методике лабораторных исследований были изготовлены макетные однодисковые сошники предлагаемой конструкции с изменяющимися параметрами, механическая установка для лабораторных исследований однодисковых сошников, установка для лабораторно-полевых исследований однодисковых сошников.

Установка для лабораторных исследований однодисковых сошников представляла собой переоборудованную селекционную сеялку СН-10, которая присоединялась к тяговой тележке. В задней части тяговой тележки навешивалась рама, на которую устанавливались исследуемые рабочие органы. Рама регулировалась по высоте.

Конструкция лабораторной установки позволяла реализовать намеченную программу исследований и обеспечить варьирование независимых факторов в установленных пределах.

Схема поисковых исследований подразумевала поэтапное варьирование одного из факторов при фиксированных параметрах остальных на уровнях опорных точек.

На основании ранжирования факторов сначала изучали влияние скорости предлагаемой конструкции сошника и настраиваемой глубины заделки семян на $\sigma_{\Delta z}$ при зафиксированных на средних уровнях остальных параметрах: $b=0,04$ м и $F_n=350$ Н.

Среднее квадратическое отклонение заделки семян от фиксированной установочной глубины (далее отклонение) увеличивается при увеличении скорости движения сошника и фиксированной установочной глубине заделки семян. Выделена зона, где нарушаются агротехнические требования по равномерности высева семян и скоростные границы испытываемого сошника при требуемой глубине заделки семян. При заделке семян на глубину до 2 см допустимо использование скорости до 36 км/ч, на глубину 3 см – до 34 км/ч, и соответственно на глубины 4 см, 5 см, 6 см – до 23 км/ч, 20 км/ч, 16 км/ч. Аппроксимация опытных данных допустимых скоростей посева ($v_{\text{доп}}$, м/с) в зависимости от глубины заделки семян ($\Delta_{\text{н.г.}}$, м) для испытываемого сошника описывается математическим выражением:

$$v_{\text{доп}} = 166667 \cdot \Delta_{\text{н.г.}}^3 - 18571 \cdot \Delta_{\text{н.г.}}^2 + 469,05 \cdot \Delta_{\text{н.г.}} + 6,8. \quad (2)$$

Анализ влияния скорости предлагаемой конструкции сошника и настраиваемой глубины заделки семян при зафиксированных на средних уровнях остальных параметрах ($b=0,04$ м и $F_n=350$ Н) на ширину образующейся бороздки $b_{\text{бор}}$ (рис. 1) показал ее пропорциональное увеличение с ростом скорости и глубины заделки семян. При этом динамика опытных данных показывает, что при глубине заделки семян до 4 см скорость движения испытываемых сошников незначительно влияет на изменение ширины бороздки, а при заделке семян на глубину больше 4 см ширина бороздки резко увеличивается с увеличением скорости.

Эксперименты по влиянию ширины реборды испытываемых сошников на результирующие параметры $\sigma_{\Delta z}$ (рис. 6, а) и $b_{\text{бор}}$ (рис. 6, б) получены при скорости движения сошника от $v=1,78$ м/с и статическом усилии нажимной пружины на сошник $F_n=350$ Н. Анализ приведенных зависимостей показал увеличение отклонения заделки семян от фиксированной установочной величины с увеличением ширины реборды. При этом результаты экспериментов на невысоких скоростях работы испытываемого сошника показали незначительное влияние ширины реборды на изменение ширины формируемой бороздки. Данное изменение не превышало 1 см.

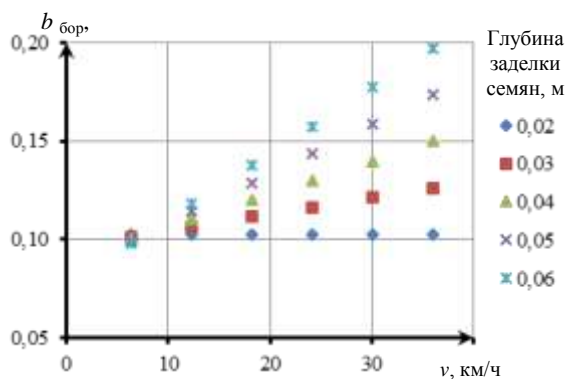


Рис. 1. Зависимость ширины образующей бороздки от фиксированной установочной глубины при изменении скорости движения испытываемого сошника

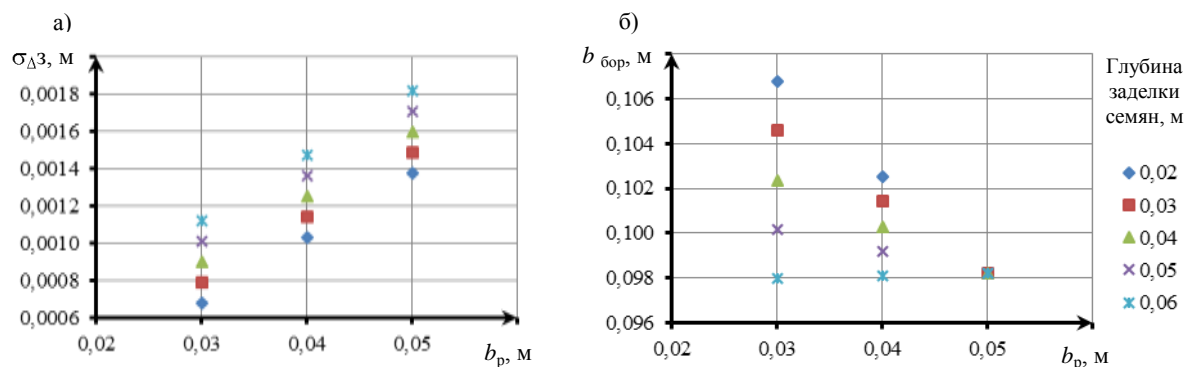


Рис. 2. Зависимость среднего квадратического отклонения заделки семян от фиксированной установочной глубины (а) и ширины образующей бороздки (б) при изменении ширины реборды испытываемого сошника

Эксперименты по влиянию статического усилия нажимной пружины на сошник на результирующие параметры $\sigma_{\Delta 3}$ (рис. 3, а) и $b_{\text{бор}}$ (рис. 3, б) получены при скоростях движения сошника от $v=1,78$ м/с (6,4 км/ч) и ширине реборды $b_p=0,04$ м.

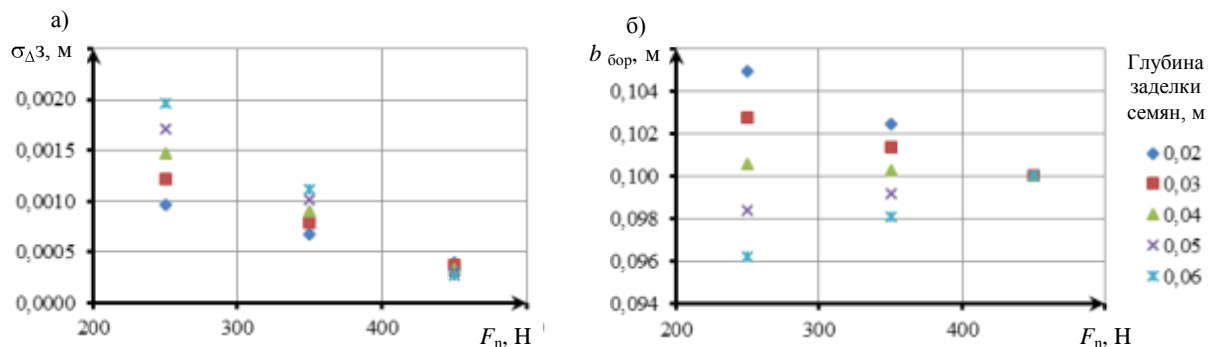


Рис. 3. Зависимость среднего квадратического отклонения заделки семян от фиксированной установочной глубины (а) и ширины образуемой бороздки (б) при изменении статического усилия нажимной пружины на испытуемый сошник

Анализ приведенных зависимостей показал, что уменьшение отклонения заделки семян от фиксированной установочной величины с увеличением статического усилия нажимной пружины (рис. 3, а) и более сложную динамику бороздкообразования (рис. 3, б).

Эксперименты показали, что для уменьшения ширины бороздки при заделке семян на большую глубину статическое усилие пружины на сошник нужно снижать. Так, при заделке семян на глубину до 4 см статическое усилие пружины на сошник должно быть максимальным. При заделке семян на глубину свыше 4 см статическое усилие пружины на сошник должно быть минимальным. Также было замечено, что при статическом усилии в 450 Н результаты экспериментов по отклонению заделки семян и образованию бороздки практически не зависят от установочной глубины их заделки.

Заключение

В статье представлена методика поисковых экспериментов по изучению процессов бороздкообразования и заделки семян с использованием сошников предлагаемой конструкции. Проведены поисковые лабораторные опыты, позволившие оценить динамику изменения выбранных результирующих факторов при изменении скорости сошника, установочной глубины заделки семян, ширины реборд-бороздкообразователей и статического усилия нажимной пружины сошника.

По их результатам был сделан вывод, что границы варьирования факторов, оказывающих влияние на процесс посева сельскохозяйственных культур для предлагаемого однодискового сошника на этапе многофакторного эксперимента должны варьировать в пределах, указанных в таблице.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур / Агропортал – все для специалистов агропромышленного комплекса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agroinf.com/zemledeliye/-sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyaystvennykh-kultur/sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyajstvennykh-kultur.html> – Дата доступа: 12.02.2018.
2. Петровец, В. Р. Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усеченно-конусными бороздообразователями-уплотнителями / В. Р. Петровец, С. В. Авсюкевич, Н. И. Дудко. – Горки, 2015. – 212 с.
3. Петровец, В. Р. Посев зерновых культур при интенсивной технологии возделывания: практ. руководство для ФПК / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки: БСХА, 1998. – 50 с.
4. Нормативно-справочный материал для экономической оценки сельскохозяйственной техники / Госагропром СССР: сб. науч. тр. – М.: 1988. – 127 с.
5. Петровец, В. Р. Проблема равномерного высева сельскохозяйственных культур универсальными пневматическими сеялками при интенсивной технологии возделывания / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц // Сб. тр. Междунар. научно-практ. конф., посвященной 90-летию со дня рождения академика М. Е. Мацепуро. – Минск, 1999. – С. 101–104.
6. Точечное земледелие: [Электронный ресурс] // mch-consult.ru, Федеральный центр сельскохозяйственного консультирования и переподготовки кадров агропромышленного комплекса 2015. – Режим доступа: <http://mch-consult.ru/d/77622/d/tochnoe-zemledelie.pdf>. – Дата доступа: 12.02.2017.
7. Петровец, В. Р. Результаты мелкоделяночного опыта по предпочтительному размещению семян зерновых культур при посеве / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // Вестник БГСХА. – 2018. – № 1. – С. 169–172.
8. 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 // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 2. – С. 153–159.
9. Петровец, В. Р. Основы технологий и механизации сельскохозяйственного производства / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки, 2009. – 226 с.

10. К вопросу определения интервалов варьирования конструктивных параметров дискового сошника, влияющих на процесс бороздкообразования при посеве сельскохозяйственных культур / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник БГСХА. – 2018. – № 3. – С. 168–172.
11. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В. Р. Петровец [и др.] // «Вестні нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». – 2017. – № 2. – С. 100–109.
12. Современные тенденции в развитии конструкций и технологических схем дисковых сошников / В. Р. Петровец [и др.] // «Вестні нацыянальнай акадэміі навук Беларусі». – 2018. – № 1. – С. 87–98.
13. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 94–97.
14. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. С. 98–100.
15. Обоснование границ варьирования радиусов диска и реборды однодискового сошника с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 101–104.
16. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. № 3. – С. 137–140.
17. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М.: «Колос» 1979. – 415 с.
18. Майонов, В. В. К вопросу обоснования оптимальных параметров посевных машин / В. В. Майонов. – Минск: Ураджай, 1967. – С. 99–153.