

УДК 631.331.4.75

UDC 631.331.4.75

05.20.01 - Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ПИТАНИЯ СЕМЯН ПРИ ПОЛОСОВОМ ПОСЕВЕ СФЕРОДИСКОВЫМ СОШНИКОМ С ДЕФЛЕКТОРНЫМ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ

EXPERIMENTAL ESTIMATES OF PROVIDING SEED FEEDING AREAS FOR STRIP SEEDING WITH A DISC COULTER WITH A DEFLECTOR DISTRIBUTOR

Царев Юрий Александрович
д-р техн. наук, профессор
SPIN-код автора: 3585-8390
ycarev@donstu.ru

Tsarev Yuri Alexandrovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 3585-8390
ycarev@donstu.ru

Игнатенко Иван Васильевич
д-р техн. наук, профессор
SPIN-код автора: 6360-9749
iignatenko@dstu.edu.ru

Ignatenko Ivan Vasilyevich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 6360-9749
iignatenko@dstu.edu.ru

Мельников Дмитрий Георгиевич
аспирант
SPIN-код автора: 9094-4228
dmitrij.melnikov.57@mail.ru

Melnikov Dmitry Georgievich
postgraduate student
RSCI SPIN-code: 9094-4228
dmitrij.melnikov.57@mail.ru

Бабенко Ольга Сергеевна
аспирант
SPIN-код автора: 4961-3650
ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия

Babenko Olga Sergeevna
graduate student
Author's SPIN code: 4961-3650
Don state technical University, Rostov-on-don, Russia

Эффективным фактором повышения урожайности зерновых культур издавна считается обеспечение высеваемых семян необходимой площадью питания при посеве. В идеальном случае площадь питания растения должна иметь форму круга площадью 10 ...25 см² без перекрытия с соседними. Такое распределение площадей питания означает идеальный разбросной посев без ограничений и междурядий. Однако, в зерновом производстве в качестве типового получил распространение рядовой посев с междурядьем 15 см, где разброс семян искусственно ограничивается сошником до узкой полосы, на которой площади питания зёрен перекрываются. Как посчитали специалисты, такое размещение семян, сложившееся исторически, не обосновано ни опытом сельскохозяйственного производства, ни агронаукой. Обеспеченность семян нужной площадью питания при рядковом севе мала – порядка 15%. В настоящее время агронаука проявляет всё больший интерес к технологиям идеального разбросного посева. Но идеальное пока не получается из-за отсутствия соответствующих сошников. В этих условиях на первый план выходит полосовой способ посева, близко реализующий идеальный разбросной посев. Предлагается ряд конструкций лаповых и однодисковых сошников полосового сева, образующих достаточно широкую борозду до 100 мм.

An effective factor in increasing the yield of grain crops has long been considered to provide the sown seeds with the necessary nutrition area when sowing. ideally, the plant's nutrition area should be in the form of a circle with an area of 10 ...25 cm² without overlapping with the neighboring ones. This distribution of feeding areas means an ideal spread of crops without borders and row spacing. However, in the grain production, the standard crop with a row spacing of 15 cm was spread out, where the seed distribution is artificially limited to a narrow strip where the grain feeding areas overlap. According to experts, this placement of seeds, which has developed historically, is not justified by either the experience of agricultural production or agricultural science. The availability of seeds with the necessary feeding area for row sowing is small – about 15%. At the present time, agricultural science is showing increasing interest in the technologies of ideal spread seeding. But the ideal is not yet obtained due to the lack of appropriate coulters. In these conditions, the band seeding method that closely implements the ideal multiple seeding comes to the fore. We propose a number of designs for single-disc and single-disc coulters for strip sowing, which form a fairly wide furrow up to 100 mm

Ключевые слова: ПОЧВА, ПОСЕВ, СОШНИК, УРОЖАЙНОСТЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Keywords: SOIL, SOWING, COULTER, YIELD OF GRAIN CROPS

DOI: <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-157-018>

Сферические диски (сферодиски) типа дискаторных применены в качестве сошников на сеялках семейства "Еруслан" (<https://eruslan.ru/>).

Апшеронский механический завод (АМЗ) выпускает такую посевную машину под названием Р-4,2 (рис. 1, а). В ней сошник не имеет распределителя; семена из гофрированного семяпровода высыпаются непосредственно в борозду. Считается, что эффект разброса семян достигается за счёт турбулентности движения семян в гофрированном семяпроводе.

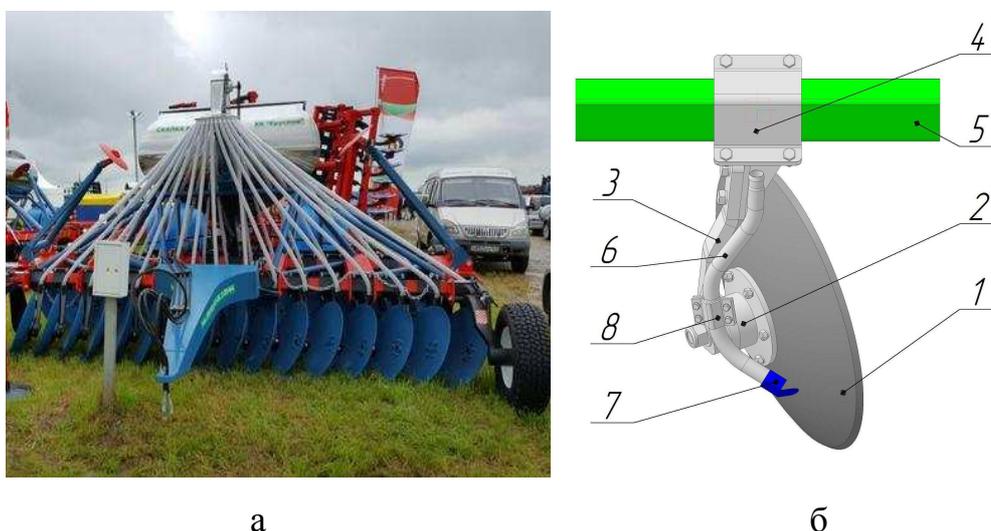


Рисунок 1 - Сферодисковые сошники сеялки Р-4,2: а – общий вид сеялки Р-4,2; б - сферодисковый сошник с дефлекторным распределителем: 1 – сферический диск; 2 – подшипник; 3 – стойка; 4 – подрезиненный кронштейн; 5 – рама; 6 – семяпровод; 7 – распределитель; 8 – крепление семяпровода

Однако испытания показали, что ширина разброса неустойчива и не достигает нужных 200 мм. Предлагается сферодисковый сошник снабдить дефлекторным разбрасывателем (рис. 1, б). Процесс работы такого сошника разбивается на ряд этапов: образование бороздки и валка; движение зерна по семяпроводу; отскок от дефлектора - распределителя; размещение

семян в открытой бороздке; закрытие бороздки осыпанием валка и подкатком.

Целью исследования является экспериментальная оценка ширины разброса и обеспеченности площадями питания семян сферодисковым сошником с дефлекторным распределителем.

Анализ работ выявил ряд факторов, влияющих на способность сферодискового сошника осуществлять полосной посев:

- диаметр D и радиус сферы диска ρ ;
- углы ориентации сферического диска: угол афронтальности α и наклона диска β ;
- норма высева Q ;
- скорость движения V ;
- глубина посева h ;
- физико- механические свойства почвы: твёрдость p и влажность w ;
- физико- механические свойства семян: размеры, коэффициент трения f , натура m ;
- скорость выброса семян из сопла семяпровода в борозду V_c ;
- расположение сопла семяпровода относительно диска Y_c ;
- высота сопла семяпровода над поверхностью почвы H_c ;
- параметры дефлекторного разбрасывателя на семяпроводе: ширина пластины L и угол её ориентации ψ .

Откликом факторной модели на выходе считается ширина полосы b_c и показатель обеспеченности семян площадями питания Δ .

Управлять таким большим количеством факторов затруднительно, поэтому оценим необходимость варьирования этих факторов для поставленной цели при лабораторных исследованиях.

Если исходить из необходимости разработки посевного комплекса на базе дискатора, то варьировать диаметр D и радиус сферы ρ диска нет необходимости; они должны быть такими, как на дискаторе.

Варьирование физико-механическими свойствами почвы в лаборатории нереально и излишне.

Для проверки принципа функционирования ограничимся одним сортом семян нужной кондиции. Для конкретного сорта семян, агротребования задают определенные значения нормы высева Q , глубины заделки семян h , влажность почвы w (почва должна быть "спелой" с влажностью порядка 22%). Считать эти факторы независимо варьируемыми нельзя; в рамках решаемых задач их следует отнести к факторам контролируемым.

Необходимо учитывать также требование независимости факторов модели. Специфика работы сферодиска обнаруживает ряд взаимозависимостей. Так назначение глубины посева H однозначно означает глубину погружения диска в почву $z_b=H$, которая определяет ширину борозды $B=y_b$ по зависимости [30]:

$$\frac{y_b}{R} = \cos \alpha \sin \beta \frac{z_b}{R \cos \beta} \pm \frac{\sin \alpha}{\cos \beta} \sqrt{2 \frac{z_b}{R} \cos \beta - \frac{z_b^2}{R^2}} \quad (1)$$

Ширина борозды определяет требуемую ширину разброса $B_c=y_b$. Теория функционирования дефлекторного распределителя [31] устанавливает зависимость между шириной разброса B_c , высотой установки дефлектора H и углом его наклона $\psi=\alpha_d$:

$$Y_r = 2 \frac{V_d^2}{g} \sin \alpha_d \cos \alpha_d + V_d^2 \cos \alpha_d \sqrt{\sin \alpha_d - \frac{2Hg}{V_d^2}} \quad (2)$$

График зависимости представлен на рис. 2.

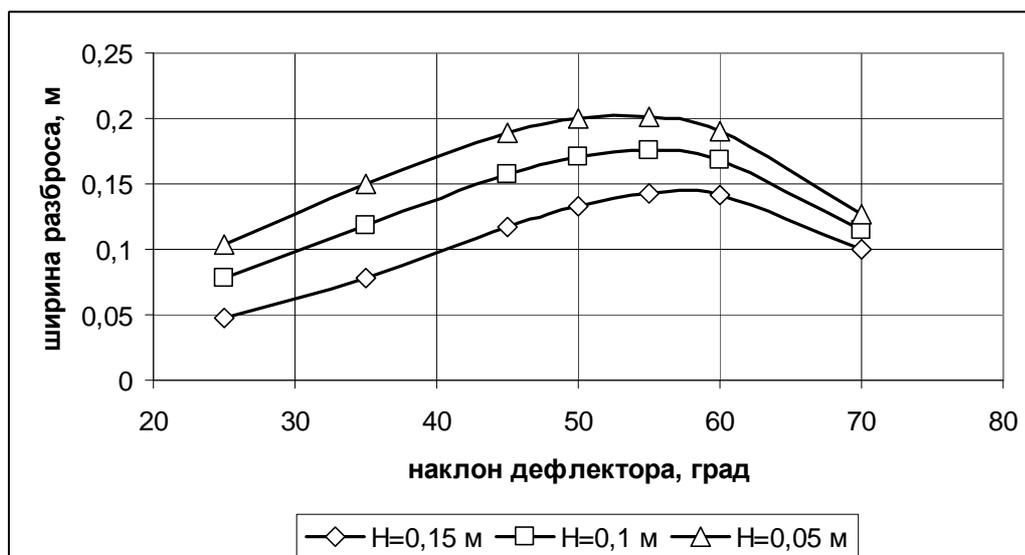


Рисунок 2 - График зависимости $B_c=(\psi)$ при разной высоте установки H

Анализ зависимости показывает, что дальность полёта имеет максимум при угле наклона дефлектора $\alpha_d=55^\circ$. Это экспериментально подтвердил О.О. Тыскинеев. В этом случае в соответствии с целью исследований варьировать углом наклона нет смысла. Для максимальности ширины разброса его надо устанавливать постоянным $\alpha_d=55^\circ$. Тогда зависимость превращается в связь факторов H и B_c . Для варьирования выбираем фактор H .

Дополнительно учитываем, что для поперечного разброса сопло семяпровода должно располагаться в продольно-вертикальной плоскости за центром сферодиска, тогда $Y_c=0$.

Кроме того, необходимо учитывать общую направленность работы на разработку посевного комплекса на базе дискатора. У дискатора обычно предусмотрен механизм по регулировке угла атаки α ; варьирование же угла наклона β обычно не предусматривается и механизм для этого отсутствует. Добавление такого механизма лишь серьезно усложнит крепление дисков к раме; большого эффекта согласно профилям борозды в п. 2. не ожидается. Поэтому угол наклона принимаем постоянным, как у дискатора $\beta=20^\circ$.

В итоге после отсева излишних факторов независимыми и управляемыми факторами останутся только три: угол атаки диска α , скорость движения V и глубина хода сошников h . (рис. 2).

Откликами модели должны служить качественные и энергетические показатели функционирования сферодискового сошника. В рамках решаемой задачи это должен быть показатель роста площади питания при разбросе семян Δ по дну получаемой борозды b_c , удовлетворяющая агротребованиям, и показатель неравномерности разброса, которые требуют обоснования.

Применявшийся показатель равномерности высева при рядковом посеве непригоден для процесса широкополосного высева, так как не несёт информации о главном эффекте широкополосного сева - изменении площади питания семянок. Создание такого показателя, не противоречащего стандартам, находится в стадии становления. Применяются различные подходы [1, 7, 9, 13, 14, 18] .

Методика Г.И. Хееге предусматривает анализ выборки семян на площади шириной высеваемой полосы $B_{факт}$ и длиной 1 м. (рис. 3).

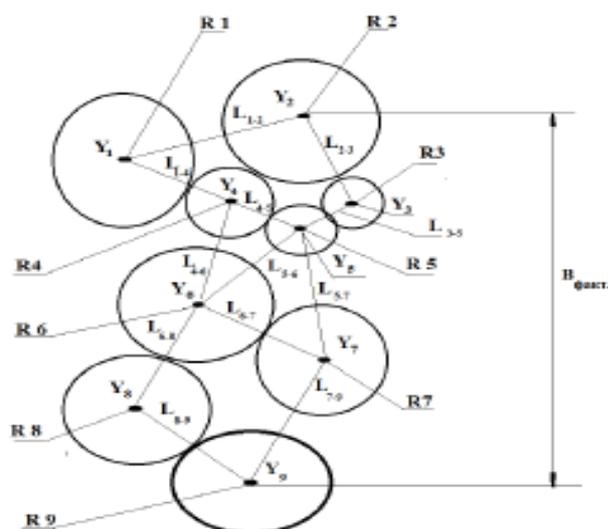


Рисунок 3 - Измерение расстояний между зерновками

За критерий равномерности распределения семян зерновых культур

по площади посева приняты статистики: средние арифметические расстояний между отдельными зерновками L_{ik} , их среднеквадратические отклонения и коэффициент вариации. Расстояние между семенами должно быть такое, чтобы максимальное число семян имело бы требуемую площадь питания в виде круга радиусом 15 мм. Критерий требует измерения расстояния между зерновками L_{ik} и радиусов R_{ik} условных окружностей площади питания, при которых начнутся конфликты с ближайшими семенами. Однако зерновки имеют несколько соседей, что запутывает картину измерений, вносит элемент субъективности. Другой недостаток методики - большая трудоёмкость измерений расстояний и радиусов площадей питания, потеря информации о неравномерности высева по длине борозды, как того требуют стандарты (ГОСТ 26711-89).

Методика, разработанная А.А. Будаговым [5] для подпочвенно-разбросного способа с оценкой равномерности распределения семян по площади, включает измерения числа семян на 1 м длины полосок, образуемых дискретизаций ширины разброса $V_{\text{факт}}$, и измерения числа семян на 1 м^2 площади, как того требует стандарт (ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб).

Достоинство критерия – близость к существующим стандартам. Недостаток - отсутствует информация об изменениях площади питания семян.

Не решает проблемы и новый ОСТ-10.5.1-2000. "Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей", разработанный на основе разных показателей: по площади на основе подсчёта количества их в квадратах $5 \times 5 \text{ см}^2$, и по расстояниям. Норма по подсчёту количества семян в квадратах $5 \times 5 \text{ см}$ не соответствует с нормой обеспеченности семян площадями питания $3 \times 3 \text{ см}^2$.

Все эти методики отличаются большой трудоёмкостью, требуют трудоёмких статистических измерений расстояний с аспектом субъективности.

В работе применён новый показатель равномерности, сочетающий требования стандарта и наличие информации о распределении площадей питания семян. В качестве показателя принимается относительное число (доля) семян λ , обеспеченных достаточной площадью питания в форме квадрата 3х3 см.

$$\lambda = n_{mn} / N ,$$

где n_{mn} – число семян, обеспеченных площадью питания из общего количества N .

Поскольку эта доля непостоянна по длине гона, применяются статистики: среднее арифметическое λ_{cp} , среднеквадратическое отклонение $\Delta\lambda$ и коэффициент вариации v относительного числа семян λ_i на n участках длиной 1 м, обеспеченных достаточной площадью питания, $i=1...n$.

Норма по доле обеспеченности семян площадями питания диаметром 3 см² имеет преимущества перед применяемыми показателями: она менее трудоёмка и главное более объективна, и поэтому удобна в массовых лабораторных исследованиях.

Норма не противоречит ОСТ-10.5.1-2000, опирается на тот же принцип определения площадей питания и показатели косвенно связаны между собой.

Методика получения показателя сводится к следующему. Настраивается высевной аппарат на нужную норму посева 5 млн. зёрен на гектар. Устанавливается глубина хода сферодисков и угол атаки. Проводится заезд высевной установки по длине канала. вскрывается борозда, контролируется соблюдение агропуска на глубину размещения семян. Длина гона делится на n участков длиной по 1м. На каждом участке подсчитывается

общее количество семян N_i и количество семян n_{ni} , имеющих площадь питания $30 \times 30 \text{ мм}^2$.

Подсчитываются значения доли обеспеченных семян $\lambda_i = n_{ni}/N_i$.

Среднее арифметическое

$$\lambda_{cp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3)$$

Среднеквадратические отклонения

$$\Delta\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\lambda_i - \lambda_{cp})^2}{N - 1}} \quad (4)$$

Вариация

$$v = \Delta\lambda / \lambda_{cp} \quad (5)$$

Достоинством показателя является простота и объективность.

Для проведения экспериментальных исследований по найденной факторной модели использовался комплекс оборудования «Почвенный канал» ДГТУ (рис. 4).



Рисунок 4 - Общий вид канала с тележкой

Почва в канале типа приазовского чернозёма, абсолютной влажности от 8 до 30% , твердость почвы от 4 до $16 \cdot 10^{-1}$ МПа (16 кгс/см²) в горизонтах от 0 до 15 см. Уклон поверхности почвы не более 1°.

Создана экспериментальная установка, имитирующая работу секции сеялки в условиях почвенного канала. Общий вид установки показан на рис. 5.

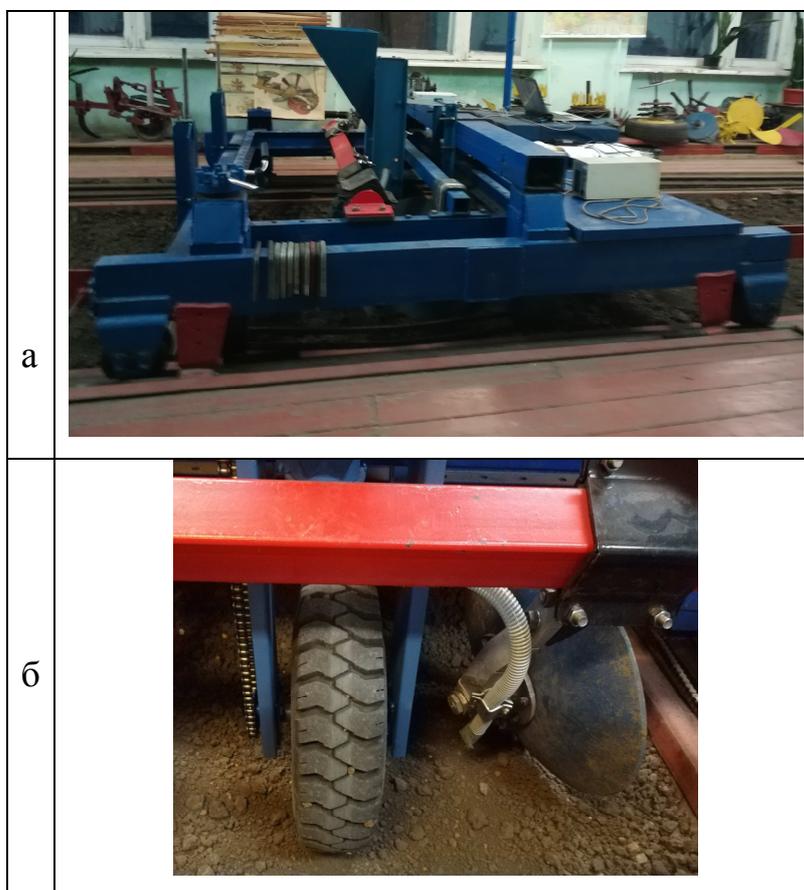


Рисунок 5 - Общий вид установки для исследования работы сферодисков: а – вид сбоку: тележка почвенного канала; высеваящий модуль; тензобрус; регулятор глубины хода; фронтальный рыхлитель; б – вид на сошник и опорное колесо: сферодисковый сошник; семяпроводы; колесо высеваящего модуля с приводной звёздочкой

Установка включает тележку почвенного канала с планировщиком спереди и фронтальным рыхлителем сзади, высеваящий модуль, присоединённый к рамке тележки параллелограммной подвеской и сошники, крепящиеся на тензобрусах. Тележка движется по рельсовой колее над поверхностью почвы с заданной скоростью.

Посевной модуль опирается на опорное колесо (см. рис. 5,б). Параллелограммный механизм позволяет обеспечить копирование

модулем поверхности почвы с гарантией стабильного давления колеса на почву и отсутствия пробуксовки. Сошник крепится на тензобрусе тележки.

Катушечный высевающий аппарат, установленный на горловине бункера, приводится от опорного колеса цепной передачей. На выходные патрубки аппарата надеваются трубчатые гофрированные семяпроводы. Для повышения ширины разброса на конце семяпровода крепится дефлекторный распределитель.

Установка работает следующим образом. При движении тележки сферодисковый сошник нарезает борозду. Колесо высевающего модуля (см. рис. 4) катится по поверхности почвы, копируя макрорельеф поверхности почвы. Высевающий аппарат, приводимый во вращение от колеса через цепную передачу и редуктор, получает скорость вращения, пропорциональную скорости движения, что гарантирует независимость от неё нормы высева. Семена из бункера, дозированные высевающим аппаратом, поступают в семяпроводы и падают в сошники.

Разработанная установка позволила объективно оценить преимущества и недостатки сферодиска как сошника зерновой сеялки.

Перед проведением опытов почву в канале рыхлили и выравнивали, а также обильно и равномерно поливали по всей поверхности.

После просыхания почвы и образования почвенной корки почву в канале рыхлили лемешным рыхлителем по ширине канала на глубину 15 см, разравнивали планировщиком и прикатывали катком до достижения требуемой плотности. Затем контролировали влажность почвы на глубине сева по стандартной методике. Исследования проводили при установлении влажности почвы положенной для посева зерновых 19...23 % .

Контролировались основные технологические свойства почвы: плотность, твердость, влажность и однородность свойств почвы по длине канала.

Твердость почвы определяют на основании ГОСТ 26244-84 «Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения». Твердость почвы определяют твердомером Ревякина на глубину 0,15 м, в трехкратной повторности.

Измерения параметров бороздообразования, гребнистости и распределения семян проводили при помощи мерной линейки с ценой деления 1 мм.

Наличие в качестве управляемых только трёх факторов позволяет проводить эксперимент как полнофакторный по схеме 2^3 с выбранными факторами: угол атаки диска α , глубина хода h , см, скорость V , м/с.

При проведении эксперимента применялся метод планирования эксперимента. Для каждого из факторов, опираясь, на априорную информацию [27, 31], были выбраны их уровни и интервалы варьирования (табл. 1) и составлена матрица планирования эксперимента (таблица 2) [30, 31].

Таблица 1. Факторы и интервалы их варьирования

Наименование фактора	Обозначение	Нижний уровень	Верхний уровень	Интервал варьирования
Угол атаки диска α °	X_1	16°	24°	32°
Глубина хода h , см	X_2	3 см	6 см	9 см
Скорость V , м/с	X_3	1 м/с	2 м/с	3 м/с

Для нахождения коэффициентов регрессии использовался центрально-композиционный план второго порядка (табл. 2). Ядро плана представляет матрица типа 2^3 из 8 строк – опытов. К ядру добавляется 6 звёздных точек с координатами $\pm 1,2154$ для каждого из трёх факторов. Центр плана с координатами $[0, 0, 0]$ даёт ещё строку. Всего матрица планирования требует 15 опытов. Ортогональность её при расчётах на ЭВМ не требуется.

Таблица 2. Матрица центрально-композиционного плана второго порядка

X_0	X_1	X_2	X_3	X_{12}	X_{22}	X_{32}	$Y_1=\lambda$	$Y_2=v$
1	1	1	1	1	1	1	0,704667	19,3
1	-1	1	1	1	1	1	0,516667	16,6
1	1	-1	1	1	1	1	0,6	15,4
1	-1	-1	1	1	1	1	0,406667	14,8
1	1	1	-1	1	1	1	0,608	15,4
1	-1	1	-1	1	1	1	0,398667	14,8
1	1	-1	-1	1	1	1	0,526667	15,2
1	-1	-1	-1	1	1	1	0,301	16,4
1	1,2154	0	0	1,476	0	0	0,812637	14,8
1	-1,2154	0	0	1,476	0	0	0,534399	14,4
1	0	1,2154	0	0	1,476	0	0,744074	16,6
1	0	-1,2154	0	0	1,476	0	0,595574	14,4
1	0	0	1,2154	0	0	1,476	0,753583	15,6
1	0	0	-1,2154	0	0	1,476	0,589658	17,8
1	0	0	0	0	0	0	0,792	20,2

Измерения проводились в трёх повторностях. В таблице приведены средние значения доли обеспеченных площадью питания семян λ , и их коэффициенты вариации v .

Зависимость отклика от факторов примем в виде нелинейной регрессии второго порядка следующего вида

$$y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3+b_{11}X_1^2+b_{22}X_2^2+b_{33}X_3^2, \quad (6)$$

где X_i – факторы, $i=1 \dots 3$;

b_{ik} – коэффициенты, подлежащие определению.

Коэффициенты выбранной регрессии определялись методами регрессионного анализа с использованием программ обработки множественной регрессии STATISTICA и EXCEL.

Значимость коэффициентов регрессии проверялась по критерию Стьюдента при 95%-ном уровне значимости и числе x степеней свободы

$$k_1 = N(m-1) = 15(3-1) = 30 \quad t = 2,78.$$

Квантиль распределения Стьюдента из таблиц $t_{\alpha} = 2,04$, а априорная статистика t для коэффициентов определялась расчётом. После отбрасывания незначимых коэффициентов, у которых $t < t_{\alpha}$, получены уравнения регрессии в кодированном виде:

для доли обеспеченных площадью питания семян

$$\lambda = 0,8137 + 0,105X_1 + 0,052X_2 + 0,054X_3 - 0,099X_1^2 - 0,102X_2^2 - 0,101X_3^2, \quad (7)$$

для коэффициента вариации распределения

$$v = 17,4 + 0,57X_1 + 0,64X_2 + 0,93X_2X_3 - 0,24X_1^2. \quad (8)$$

Адекватность полученных уравнений проверялась по критерию Фишера при 95%-ном уровне значимости и степенях свободы $k_1=8$, $k_2=30$. Табличное значение квантиля $P_{табл.} = 2,4$. Расчетная статистика Фишера составили: для функции для доли обеспеченности $P_{расч} = 0,189$, для коэффициента вариации $P_{расч} = 1,451$. Условие $P_{расч.} < P_{теор.}$ соблюдается и полученные уравнения регрессии адекватно описывают процесс.

Для удобства восприятия строились сечения трёхмерной поверхности откликов в виде графиков. При их построении варьировались только два фактора, третий оставался на постоянном уровне (рис. 6-9).

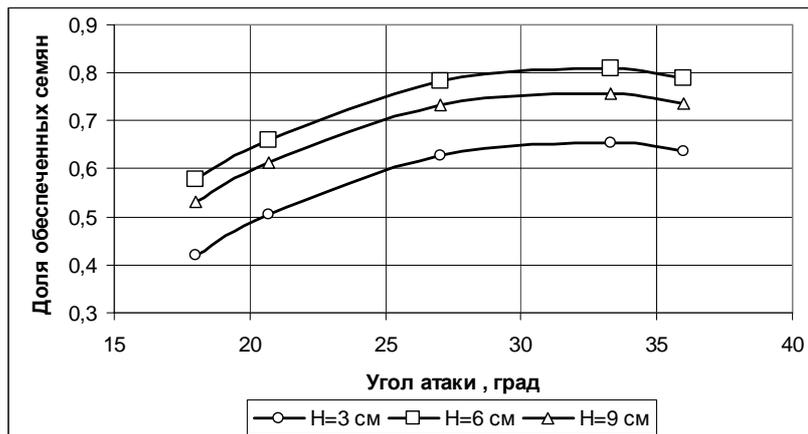


Рисунок 6 - Графики $\lambda(\alpha)$ при разных глубинах H

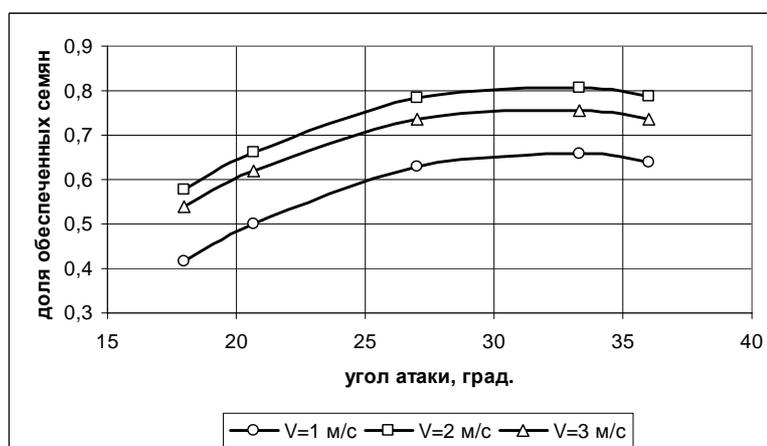


Рисунок 7 - Графики $\lambda(\alpha)$ при разных скоростях V

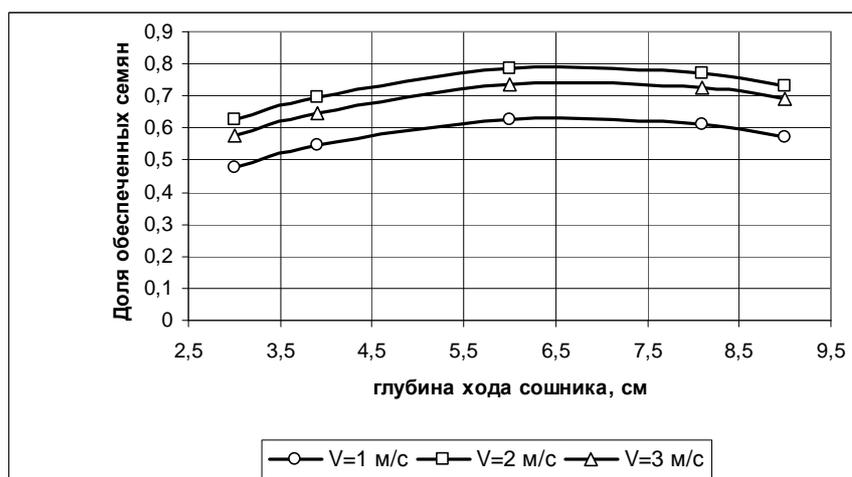


Рисунок 8 - Графики $\lambda(H)$ при разных скоростях V

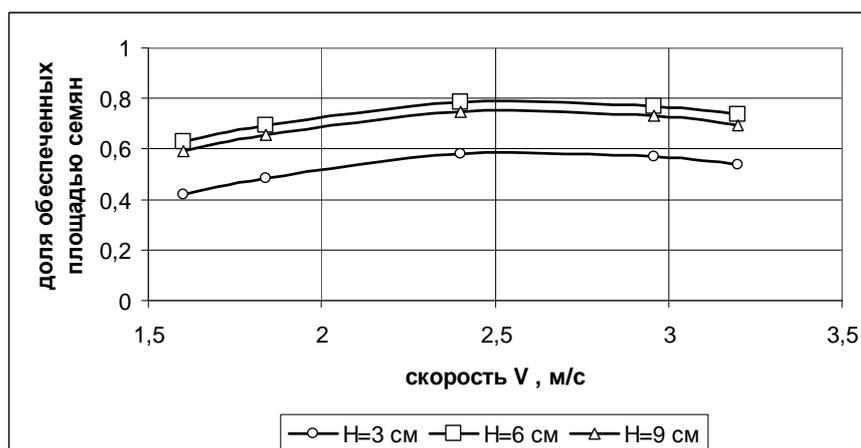


Рисунок 9 - Графики $\lambda(V)$ при разных глубинах хода H

Анализ графиков показывает, что применение дефлекторного распределителя при полосовом посеве позволяет довести долю семян, обеспеченных минимальной площадью питания 3x3 см, до 80%, что намного (примерно в 5 раз) превышает долю обеспеченности при типовом рядковом посеве. Простой дефлекторный распределитель оказывается эффективным средством повышения качества разбросного посева по обеспеченности площадями питания, но равномерность распределения семян по площади борозды даёт невысокую (не более 20%).

Оптимальное значение угла установки дефлектора, при котором ширина разброса максимальна, составляет $\psi_{opt}=55^\circ$.

Эффект зависит от угла атаки сферодиска. Оптимальное значение угла атаки порядка 30° .

Ценным обстоятельством является и то, что добавление дефлекторного распределителя не оказывает никакого воздействия на энергетику процесса.

По компромиссу между качеством и энергозатратами рекомендуемый угол атаки сферодиска $\alpha=24^\circ$, угол наклона $\beta=20^\circ$.

Вывод. Сферодисковый сошник дискатора с дефлекторным распределителем в состоянии проводить полосовой посев шириной до 20 см

должного качества с повышенной площадью питания семян до 80 %, что может служить существенным резервом повышения урожайности зерновых культур.

Применение дефлекторного распределителя на сферодисковых сошниках посевной машины Р-4,2 позволит значительно улучшить качество полосового посева зерновых культур и в конечном счёте повысить урожайность малозатратным способом.

Список литературы

1. Алексеев, Е. П. Повышение равномерности распределения семян при подпочвенно-разбросном посеве зерновых культур путем совершенствования конструктивно-технологических параметров сошника. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Чебоксары, 2017- 20 с.
2. Альт, В.В., Шукин, С.Г. Концепция развития посевных машин / В.В. Альт, С.Г. Шукин, В.А. Вальков // Достижения науки и техники АПК. - 2008. - №9. - С.44-48.
3. Атнагулов Д. Т. Обоснование конструктивно-технологической схемы сошника и его параметров для полосового посева семян зерновых. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа-2012- 21 с.
4. Бахмутов, В.А. Критерии оценки равномерности распределения растений по площади: сб. науч. тр. Саратовского СХИ, 1977.- Вып.98. - С.3-13.
5. Будагов, А.А. Об агротехнических требованиях к зерновым сеялкам / А.А.Будагов // Тракторы и сельхозмашины. - 1985. - № 7 — С. 26.
6. Бузенков, Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. - М.: Машиностроение, 1976. - 272 с.
7. Гармаев Ц. И. Совершенствование технологического процесса распределения семян при бороздочно-ленточном посеве зерновых культур. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Новосибирск 2007 -19 с.
8. Гидаев А. И. Параметры и режимы работы сеялки для безрядкового посева семян зерновых культур. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Нальчик -2012 – 20 с.
9. Горюнов, Д.В. О равномерном высеве сельскохозяйственных культур / Д.В. Горюнов // Прогрессивные способы посева зерновых культур: сб. науч. тр. -М. : 1959.- С. 67-71.
10. Дерпш Р. Опыт Южной Америки: этапы реализации технологии прямого посева // Ресурсосберегающее земледелие. - 2008, - № 1. С. 6 - 9 с.
11. Жуков, С.П. Влияние полосового посева зерновых культур на структуру урожая яровой пшеницы и засоренность в условиях Приобской зоны / Материалы II Международной научно-практической конференции Европейская наука XXI века. - Том 9. Сельское хозяйство. - Днепропетровск: Наука и образование, 2007. - С. 86-89.
12. Зырянов, В.А. Равномерность распределения растений по площади при посеве зерновых и трав / В.А. Зырянов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1985. - №5. - с. 35-37.

13. Киров, А.А. Обоснование процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенно- разбросного посева: Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. - Кинель, 1984. - 218с.

14. Колясов, Ф.Е. Влияние способа посева на условия развития и урожайность зерновых культур / Ф.Е. Колясов // Прогрессивные способы посева зерновых культур: сб.науч.тр. - М.: 1959. - С. 152-155.

15. Короневский, В.И. Урожай озимой ржи при различной ширине междурядья и норме высева / В.И. Короневский // Точный посев зерновых и пропашных культур: сб. науч. тр. - М.: ВИСХОМ, 1984. С. 29-32.

16. Курушин, В. В. Разработка сеялки для посева зерновых культур с обоснованием ее конструктивных параметров и режимов работы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Уфа, 2012.

17. Ламан, Н.А. Потенциал продуктивности хлебных злаков: технологические аспекты реализации / Н.А. Ламан, Б.И. Янушкевич, К.И. Хмурец. - Минск, 1987.-224 с.

18. Ма, С.А. Технологические основы посева сельскохозяйственных культур и перспективы развития сеялок / С.А. Ма // ВИМ: сб. науч. тр. - М.: 1990. - Т. 124. Технологические и теоретические основы посева сельскохозяйственных культур. - С. 6-16.

19. Мачкарин, А.В. Повышение эффективности выращивания зерновых с разработкой и обоснованием оптимальных параметров сеялки прямого посева: Автореф. дис. канд. техн. наук. - Мичуринск - Научоград РФ, 2009 - 17 с.

20. Перетягко, А.В. Совершенствование технологии распределения семян при подпочвенно-разбросном способе посева и обоснование конструкции лапового сошника: Дисс. ... канд. техн. наук. - Саратов, 2007. - 187с.

21. Сахацкий, И.И. Исследование подпочвенно-разбросного способа посева зерновых культур тракторными скоростными агрегатами / Автореф. дисс. канд. тех. наук. - Челябинск, 1968.

22. Селин А. В. Совершенствование посева сои с разработкой комбинированного дискового сошника сеялки. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. Благовещенск, 2012 – 23 с.

23. Синягин, И.И. Площадь питания растений / И.И.Синягин. - М.: Россельхозиздат, 1975. - 368 с.

24. Тимирязев, К. А. Исторический метод в биологии / К.А. Тимирязев . - М.: -Л.: Акад. наук СССР, 1943. - 206 с.

25. Тыскинеев Д. О. Обоснование основных параметров сошника для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур в условиях Республики Бурятия. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Улан-Удэ, 2016 – 20 с.

26. Фрышев, Б.Н. К вопросу подпочвенного сплошного сева колосовых зерновых культур / Б.Н.Фрышев // Прогрессивные способы посева зерновых культур: сб. науч. тр. - М.: 1959. - С 51-55.

27. Чаплыгин М.Г., Петухов Д.А., Свиридова С.А. Экспериментальные исследования почвообрабатывающе-посевного комплекса Р-4,2 на посевах озимой пшеницы. Техника и оборудование для села, № 9 – 2017.

28. Шахов, М.К. Исследование о обоснование параметров распределителя для полосного посева зерновых культур / М.К. Шахов, О.С. Писарев, В.А. Артамонов // Техника в сельском хозяйстве. - 2005. - №5. - С.3-5.

29. Посевной комплекс Р-4,2. Электронный ресурс. URL: <http://www.amzv.ru/amz/seyalki/r-4-2/>.

30. Мельников Д.Г., Игнатенко И.В., Камбулов С.И., Бабенко О.С. Показатели и оценки разбросных свойств трубчатых семяпроводов сеялок. Агроташ, 2020.

31. Мельников Д.Г., Царёв Ю.А., Игнатенко И.В., Бабенко О.С. Оценка разбросных свойств дефлекторного распределителя семян при полосном посеве. Агроташ, 2020.

References

1. Alekseev, E. P. Povyshenie ravnomernosti raspredeleniya semyan pri podpochvenno-razbrosnom poseve zernovykh kul'tur putem sovershenstvovaniya kon-struktivno-technologicheskikh parametrov soshnika. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Cheboksary, 2017- 20 s.

2. Al't, V.V., Shhukin, S.G. Konceptiya razvitiya posevnykh mashin / V.V. Al't, S.G. Shukin, V.A. Val'kov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. - 2008. - №9. - S.44-48.

3. Atmagulov D. T. Obosnovanie konstruktivno-technologicheskoy sxemy soshnika i ego parametrov dlya polosnogo poseva semyan zernovykh. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Ufa-2012- 21 s.

4. Baxmutov, V.A. Kriterii ocenki ravnomernosti raspredeleniya rastenij po ploshhadi: sb. nauch. tr. Saratovskogo SXXI, 1977.- Vy`p.98. - S.3-13.

5. Budagov, A.A. Ob agrotexnicheskix trebovaniyax k zernovym seyalkam / A.A.Budagov // Traktory i sel'xozmashiny. - 1985. - № 7 — S. 26.

6. Buzenkov, G.M. Mashiny dlya poseva sel'skoxozyajstvennykh kul'tur / G.M. Buzenkov, S.A. Ma. - M.: Mashinostroenie, 1976. - 272 s.

7. Garmayev Cz. I. Sovershenstvovanie technologicheskogo processa raspredeleniya semyan pri borozdkovo-lentochnom poseve zernovykh kul'tur. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Novosibirsk 2007 -19 s.

8. Gidaev A. I. Parametry i rezhimy raboty seyalki dlya bezryadkovogo poseva semyan zernovykh kul'tur. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Nal'chik -2012 – 20 s.

9. Goryunov, D.V. O ravnomernom vy`seve sel'skoxozyajstvennykh kul'tur / D.V. Goryunov // Progressivny`e sposoby poseva zernovykh kul'tur: sb. nauch. tr. -M. : 1959.-S. 67-71.

10. Derpsh R. Opyt Yuzhnoj Ameriki: etapy realizacii texnologii pryamogo poseva // Resursosberegayushhee zemledelie. - 2008, - № 1. S. 6 - 9 s.

11. Zhukov, S.P. Vliyanie polosovogo poseva zernovykh kul'tur na strukturu urozhaya yarovoj pshenicy i zasorennost' v usloviyax Priobskoj zony / Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii Evropejskaya nauka XXI veka. - Tom 9. Sel'skoe khozyajstvo. - Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovanie, 2007. - S. 86-89.

12. Zyryanov, V.A. Ravnomernost' raspredeleniya rastenij po ploshhadi pri poseve zernovykh i trav / V.A. Zyryanov // Mexanizaciya i elektrifikaciya sel'skogo khozyajstva. - 1985. - №5. - s. 35-37.

13. Kirov, A.A. Obosnovanie processa ravnomernogo raspredeleniya semyan po ploshhadi polya i parametrov raspredelatelya soshnika dlya podpochvenno- razbrosnogo poseva: Dissertaciya na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. - Kin-nef, 1984. - 218s.

14. Kolyasov, F.E. Vliyanie sposoba poseva na usloviya razvitiya i urozhajnost' zernovykh kul'tur / F.E. Kolyasov // Progressivny`e sposoby poseva zernovykh kul'tur: sb.nauch.tr. - M.: 1959. - S. 152-155.

15. Koronevskij, V.I. Urozhaj ozimoy rzhi pri razlichnoj shirine mezhduryad`ya i norme vy`seva / V.I. Koronevskij // Tochnyj posev zernovy`x i propashny`x kul`tur: sb. nauch. tr. - M.: VISXOM, 1984. S. 29-32.

16. Kurushin, V. V. Razrabotka seyalki dlya poseva zernovy`x kul`tur s obosnova-niem ee konstruktivny`x parametrov i rezhimov raboty`. Dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Ufa, 2012.

17. Laman, H.A. Potencial produktivnosti xlebnuy`x zlakov: texnologicheskie aspekty` realizacii / H.A. Laman, B.I. Yanushkevich, K.I. Xmurecz. - Minsk, 1987.-224 s.

18. Ma, S.A. Texnologicheskie osnovy` poseva sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur i perspektivy` razvitiya seyalok / S.A. Ma // VIM: sb. nauch. tr. - M.: 1990. - T. 124. Texnologicheskie i teoreticheskie osnovy` poseva sel`skoxozyajstvenny`x kul`tur. - S. 6-16.

19. Machkarin, A.V. Povy`shenie e`ffektivnosti vy`rashhivaniya zernovy`x s razrabotkoj i obosnovaniem optimal`ny`x parametrov seyalki pryamogo poseva: Avtoref. dis. kand. texn. nauk. - Michurinsk - Naukograd RF, 2009 - 17 s.

20. Peretyat`ko, A.B. Sovershenstvovanie texnologii raspredeleniya semyan pri podpochvenno-razbrosnom sposobe poseva i obosnovanie konstrukcii lapovogo sosh-nika: Diss. ... kand. texn. nauk. - Saratov, 2007. - 187s.

21. Saxaczkiy, I.I. Issledovanie podpochvenno-razbrasnogo sposoba poseva zernovy`x kul`tur traktorny`mi skorostny`mi agregatami / Avtoref. diss. kand. tex. nauk. - Chelyabinsk, 1968.

22. Selin A. V. Sovershenstvovanie poseva soi s razrabotkoj kombiniro-vannogo diskovogo soshnika seyalki. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchyonoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Blagoveshensk, 2012 – 23 s.

23. Sinyagin, I.I. Ploshhad` pitaniya rastenij / I.I.Sinyagin. - M.: Rossel`xoziz-dat, 1975. - 368 s.

24. Timiryazev, K. A. Istoricheskij metod v biologii / K.A. Timiryazev . - M.: -L.: Akad. nauk SSSR, 1943. - 206 s.

25. Ty`skineev D. O. Obosnovanie osnovny`x parametrov soshnika dlya podnochvennorazbrosnogo poseva zernovy`x kul`tur v usloviyax Respubliki Buryatiya. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Ulan-Ude`, 2016 – 20 s.

26. Fry`shev, B.N. K voprosu podpochvennogo sploshnogo seva kolosovy`x zernovy`x kul`tur / B.N.Fry`shev // Progressivny`e sposoby` poseva zernovy`x kul`tur: sb. nauch. tr. - M.: 1959. - S 51-55.

27. Chaply`gin M.G., Petuxov D.A., Sviridova S.A. E`ksperimental`ny`e issledovaniya pochvoobrabaty`vayushhe-posevnogo kompleksa R-4,2 na poseve ozimoy pshenicy. Texnika i oborudovanie dlya sela, № 9 – 2017.

28. Shaxov, M.K. Issledovanie o obosnovanie parametrov raspredelitelya dlya polosnogo poseva zernovy`x kul`tur / M.K. Shaxov, O.S. Pisarev, V.A. Artamonov // Texnika v sel`skom xozyajstve. - 2005. - №5. - S.3-5.

29. Posevnoj kompleks R-4,2. E`lektronny`j resurs. URL: <http://www.amzv.ru/amz/sejalke/r-4-2/>.

30. Mel`nikov D.G., Ignatenko I.V., Kambulov S.I., Babenko O.S. Pokazateli i ocenki razbrosny`x svojstv trubchaty`x semyaprovodov seyalok. Agromash, 2020.

31. Mel`nikov D.G., Czaryov Yu.A., Ignatenko I.V., Babenko O.S. Ocenka razbrosny`x svojstv deflektornogo raspredelitelya semyan pri polosnom poseve. Agromash, 2020.