2. Антонов Д.А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей. – М.: Машиностроение. – 1984. – 164 с.
3. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. – М.: Транспорт. – 1967. – 252 с.
4. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин. – М.: Машиностроение. – 1970. – 176 с.
5. Kienhöfer F., Cebon D. An Investigation of ABS Strategies for Articulated Vehicles // 8th International Symposium on Heavy Vehicles Weights and Dimensions. – Midrand, South Africa. – 2004. – P. 10-14.

References

1. Polyakov V., Prihodchenko D.YU., Abramov D.A. Teoreticheskoe issledovanie vliyaniya osevoj neravnomernosti tormoznyh sil na ustojchivost' avtopoezda // Vestnik VNU imeni Vladimira Dal'ya. - Lugansk: VNTU. – 2007. – № 6 (112). – S. 59-62.
2. Antonov D.A. Raschet ustojchivosti dvizheniya mnogoosnyh avtomobilej. – М.: Mashinostroenie. – 1984. – 164 s.
3. Zakin YA.H. Prikladnaya teoriya dvizheniya avtopoezda. – М.: Transport. – 1967. – 252 s.
4. Farobin YA.E. Teoriya povorota transportnyh mashin. – М.: Mashinostroenie. – 1970. – 176 s.
5. Kienhöfer F., Cebon D. An Investigation of ABS Strategies for Articulated Vehicles // 8th International Symposium on Heavy Vehicles Weights and Dimensions. – Midrand, South Africa. – 2004. – P. 10-14.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Доровских Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru.

Глазков Юрий Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: glazkov_yural@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Dorovskikh Dmitry – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru.

Glazkov Yuri – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Tambov State Technical University”, Russia, Tambov, e-mail: glazkov_yural@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 24.03.2020 Принята к публикации (Accepted): 24.04.2020

УДК 631.171

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-22-29

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СОШНИКА ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С НАПРАВИТЕЛЕМ ПОТОКА И ГАСИТЕЛЕМ СКОРОСТИ СЕМЯН

¹Ларюшин Николай Петрович

¹Ванин Дмитрий Владимирович

¹Шумаев Василий Викторович

¹Шуков Александр Васильевич

¹Кирихина Татьяна Александровна

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. Одной из важнейших операций при производстве зерновых культур является посев. Анализ литературы показал, что наиболее перспективны для осуществления этой операции двухдисковые сошники, отвечающие агротехническим требованиям. Исследования проводили на лабораторной установке - почвенном канале. Изучали работу сошника для посева зерновых

культур с направителем потока и гасителем скорости семян. Качественные показатели работы экспериментального сошника определяли по высеву семян на липкий щит, на который нанесена сетка, имеющая квадраты с размерами 5x5 см. Для посева использовали сорт яровой пшеницы «Тулайковская 108». Для оценки опытных данных была выбрана методика многофакторного эксперимента. В результате анализа проведенных лабораторных исследований выявлены значения факторов, при которых равномерность распределения семян по длине ряда и глубине их заделки были оптимальными: радиус отгиба трубы $R = 245 \dots 255$ мм; толщина гасителя $h = 5 \dots 7$ мм; $R_g = 98 \dots 102$ мм, при этом для коэффициента вариации неравномерности распределения семян по длине ряда максимальное значение будет равно 21-23 %. Исследования разработанных сошников показали устойчивую работу на посеве зерновых культур, при этом планируемая прибавка урожайности должна составить до 15 %.

Ключевые слова: сошник, сеялка, направитель потока, гаситель скорости семян, коэффициент вариации.

LABORATORY STUDIES OF A COULTER FOR SOWING GRAIN CROPS WITH A FLOW GUIDE AND A SEED SPEED SUPPRESSOR

¹Laryushin Nikolay

¹Vanin Dmitry

¹Shumakov Vasily

¹Shukov Alexander

¹Kiryukhina Tatyana

¹FSBEI HE "Penza State Agrarian University"

Abstract. One of the most important operations in the production of grain crops is sowing. An analysis of the literature showed that the double-disc coulters that meet agrotechnical requirements are most promising for this operation. Studies were carried out on a laboratory setup - the soil canal. The work of the opener for sowing grain crops with a flow guide and a quencher of seed speed was studied. Qualitative indicators of the work of the experimental coulters were determined by sowing seeds on a sticky shield, on which a grid was applied, having squares with dimensions of 5x5 cm. The spring wheat variety "Tulaykovskaya 108" was used for sowing. The multivariate experiment technique was chosen to evaluate the experimental data. The values of the factors were identified as a result of the analysis of laboratory tests, in which the uniform distribution of seeds along the length of the row and the depth of their seeding was optimal: radius of the pipe bend $R = 245 \dots 255$ mm; damper thickness $h = 5 \dots 7$ mm; the radius of the longitudinal axis of symmetry of the damper $R_g = 98 \dots 102$ mm, while for the coefficient of variation of the uneven distribution of seeds along the length of the row, the maximum value will be equal to 21-23 %. Studies of developed coulters have shown steady work in the sowing of grain crops, while the planned increase in yield should be up to 15 %.

Keywords: coulters, seeder, flow guide, seed speed suppressor, coefficient of variation.

Введение. При возделывании зерновых культур равномерное распределение семян по глубине и длине ряда имеет наиболее важное значение. Как известно, оптимальные условия питания обеспечиваются за счет равномерности распределения семян зерновых культур по площади питания и глубине их заделки. В настоящее время разработаны и исследованы различные конструкции сошников для посева зерновых культур. Наиболее выгодной конструкцией для посева семян данной культуры является дисковые сошники. Основными элементами, служащими для ограничения глубины, являются реборды или копирующие колеса. Однако и данные конструкции имеют недостатки, в результате которых ухудшается качество посева семян [1].

Исходя из выше сказанного, представленный материал, направленный на снижение коэффициента вариации по распределению семян на площади питания и глубине их заделки, имеет актуальное значение, направленное на повышение урожайности культуры.

Методы и материалы. Экспериментальные лабораторные исследования проводились согласно ГОСТ 31345-2007, СТО АИСТ 001-2010.

В состав лабораторных исследований входят: разработанные программа и методика; разработка и изготовление сошника сеялки с гасителем скорости семян; описание почвенного канала; определение оптимальных параметров экспериментального сошника, влияющих на качество посева.

Лабораторные исследования проводились на почвенном канале, применение которого позволяет получить необходимые параметры для получения качественного посева.

Общий вид и схема лабораторной установки приведены на рисунке 1.

- 1 – навеска; 2 – редуктор; 3, 4, 15 – механизмы передачи; 5, 14 – электродвигатель;
6 – преобразователь частотный; 7 – ящик для семян; 8 – высевной аппарат; 9 – направляющий
семян; 10 – экспериментальный сошник; 11 – колесо навески; 12 – липкий щит; 13 – шкив;
16 – мотор-редуктор; 17 – трос; 18 – почвенный канал; 19 – щит управления

Рисунок 1 – Схема почвенного канала

Почвенный канал 18 (рисунок 1) включает навеску 1, на которую установлены: электродвигатель 5, преобразователь частотный 6, ящик для семян 7 с направляющим семян 9, высевной аппарат 8, экспериментальный сошник 10, колесо навески 11. Для передачи вращения от электродвигателя 5, с помощью цепных передач 3, 4 на высевной аппарат, на навеске установлен редуктор 2. На почву канала уложен липкий щит 12. Для привода навески 1, на раме почвенного канала установлен электродвигатель 14, который передает вращение на мотор-редуктор 16 с помощью цепной передачи 15. Мотор-редуктор 16 через тросовую систему 17, шкив 13 приводит в движение навеску 1. Управление почвенным каналом 18 осуществляется кнопками на щите 19.

Качественные показатели работы экспериментального сошника определялись по высеву семян на липкий щит, на который нанесена сетка, имеющая квадраты с размерами 5x5 см.

Лабораторные исследования проводились на сорте яровой пшеницы «Тулайковская 108», зерно которой засыпалось на $\frac{3}{4}$ объема ящика для семян 7. Частота вращения высевного аппарата 8 регулировалась с помощью преобразователя частотного 6. Навеска 1 приводилась в движение через щит управления 19. Когда катушка высевного аппарата 8 вращалась, через направляющий движения 9 семена поступали в экспериментальный сошник 10, при этом семена укладывались на сетку, нанесенную на липкий щит 12, сетка имела квадраты размером 5x5 см.

Обработывая опытные данные по неравномерности распределения семян по длине ряда, определяли коэффициент вариации по общепринятой методике. При исследовании опытных данных была принята методика многофакторного эксперимента [2].

Рисунок 2 – Экспериментальный сошник сеялки: 1 – корпус; 2 – диск; 3 – труба; 4 – гаситель

Изучая распределение семян зерновых культур по длине ряда с определенным коэффициентом вариации v , % судили о критерии оптимизации. По коэффициенту вариации, позволяющему дать оценку степени разброса по членам выборки (участкам на липком щите с определенным количеством семян на данном участке в рядке) от среднего количества семян на участке, а остальные критерии использовались как ограничения. Определяли однородность выборки. Все факторы, от которых зависит коэффициент вариации распределения семян по длине ряда, учесть при проведении исследований невозможно [3]. Нами выделены наиболее значимые факторы, которые влияют на качество распределения семян по длине ряда: радиус отгиба трубы, мм.; длина гасителя, мм; жёсткость гасителя, Н/м; толщина гасителя, мм; радиус продольной оси симметрии гасителя, мм; ширина пятки, мм; длина пятки, мм; скорость посевной секции, м/с.

После смешивания дробных реплик, с учетом выделенных факторов, составляем матрицу планирования эксперимента. Далее полученные уравнения вводим в ПЭВМ и получаем двумерное сечение, которое определяет влияние наиболее значимых факторов [4] на коэффициент вариации по распределению семян зерновых культур с помощью экспериментального сошника по длине ряда.

Результаты. Обработав результаты поставленного многофакторного эксперимента получили адекватную математическую модель второго порядка, которая в закодированном виде описывает влияние на качество распределения семян по длине ряда радиуса отгиба трубы, мм. (x_1); длины гасителя, мм (x_2); радиуса продольной оси симметрии гасителя, мм (x_3):

$$y = 22,84 + 0,39x_1 - 0,81x_2 + 0,42x_3 + 2,10x_1^2 + 1,94x_2^2 + 1,05x_3^2 + 0,81x_1x_2 - 0,73x_1x_3 - 0,89x_2x_3, \quad (1)$$

Установили, что полученная линейная зависимость адекватно описывает экспериментальные данные с коэффициентом корреляции $R = 0,987$, а $F_{\text{месм}} = 0,981$.

Дифференцированием по переменным x_1 , x_2 и x_3 получили систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = 4,2x_1 + 0,81x_2 - 0,730x_3 + 0,39 = 0 \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,81x_1 + 3,88x_2 - 0,89x_3 - 0,81 = 0 \\ \frac{dy}{dx_3} = -0,73x_1 - 0,89x_2 + 2,1x_3 + 0,42 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Решая систему уравнений, получаем оптимальное значение коэффициента вариации. В таблице 1 показаны оптимальные значения параметров R , h , R_z .

Таблица 1 – Оптимальные значения наиболее значимых факторов

№ п/п	Факторы	Оптимальные значения в виде	
		закодированном	раскодированном
1	Радиус отгиба трубы, R мм	-0,16	271,00
2	Толщина гасителя, h м	0,20	6,400
3	Радиус продольной оси симметрии гасителя, R_z мм	-0,17	97,93

Получив значения факторов, изучаем поверхности отклика в зоне оптимальных значений факторов с помощью двумерных сечений (рисунок 3).

Рисунок 3 – Поверхность отклика (двухмерное сечение) для зависимости коэффициента вариации распределения семян зерновых культур по длине рядка (ν) от радиуса отгиба трубы R и радиуса продольной оси симметрии гасителя, R_z ,

Для этого подставляем в уравнение (1) фактор x_2 , приравненный к нулю. Получим следующее уравнение:

$$y = 16,84 + 0,39x_1 + 0,42x_3 + 2,10x_1^2 + 1,05x_3^2 - 0,73x_1x_3. \quad (3)$$

Если взять частные производные по каждому из двух факторов и составить систему дифференциальных уравнений, можно получить значение факторов. Анализ рисунка 3 показывает, что оптимальные значения исследуемых факторов: $R = 269 - 280$ мм, $R_z = 95 - 100$ см, а значение параметра оптимизации (ν) составляет ~ 23 %.

После обработки опытных данных, строим двумерное сечение (рисунок 4), которое показывает оптимальное значение радиуса отгиба трубы R и толщины гасителя h в зависимости от коэффициента вариации (ν) распределения семян по длине рядка.

Согласно представленным данным на двумерном сечении, параметр оптимизации (ν) будет составлять 23 %. Было определены интервалы оптимальных значений исследуемых факторов: $R = 262 - 295$ мм, $h = 4,8 - 7,8$ мм.

Знание оптимальных значений исследуемых факторов (R , h), а также изучение поверхности отклика в зоне оптимальных значений факторов с помощью двумерных сечений после подстановки в уравнение (1) фактор x_1 , приравненный к нулю, помогли нам прийти к уравнению:

$$y = 16,84 - 0,81x_2 + 0,42x_3 + 1,94x_2^2 + 1,05x_3^2 - 0,89x_2x_3 \quad (4)$$

Рисунок 4 – Поверхность отклика (двухмерное сечение)
для зависимости коэффициента вариации распределения семян зерновых культур
по длине рядка (ν) от радиуса отгиба трубы R и толщины гасителя h

Для получения характеристики зависимости коэффициента вариации распределения семян зерновых культур по длине рядка (ν) от толщины гасителя h и радиуса продольной оси симметрии гасителя R_z , строим двумерное сечение (рисунок 5).

Рисунок 5 – Поверхность отклика (двухмерное сечение)
для зависимости коэффициента вариации распределения семян зерновых культур
по длине рядка (ν) от толщины гасителя h и радиуса продольной оси симметрии гасителя R_z

Согласно представленным данным на двумерном сечении (рисунок 5), получили параметр оптимизации (ν), равный 23 %, который отвечает оптимальным значениям исследуемых факторов: $h=5,4 - 7,03$ мм, $R_z = 93 - 103$ мм.

Использование уравнения при инженерных расчетах предполагает его представление в раскодированном виде с учетом значимости коэффициентов регрессии.

$$y=313,4-6,5R-19,3h-8,4Rz+2,1R^2+1,9h^2+0,11Rz^2+0,8Rh-0,24RRz-0,29hRz. \quad (5)$$

Заключение. Таким образом, на неравномерность распределения семян по длине рядка, как показали лабораторные исследования, наибольшее влияние оказывают параметры следующих факторов: радиус отгиба трубы, $R=245...255$ мм; толщина гасителя, $h=5...7$ мм; радиус продольной оси симметрии гасителя, $R_z=98...102$ мм, при которых параметр оптимизации имел максимальное значение, составляющее 21 - 23 %.

Список литературы

1. Ларюшин Н.П., Мачнев А.В., Шумаев В.В. и др. Посевные машины: Теория, конструкция, расчёт. Монография – М.: Росинформагротех, 2010. – 292 с.
2. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рощин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов –Л.: Колос, 1980.–167с.
3. Волошин И.В., Ларюшин Н.П., Кувайцев В.Н., Шумаев В.В., Ванин Д.В. Лабораторные исследования комбинированного сошника для посева семян зерновых культур // Нива Поволжья. – 2018. – № 2 (47). – С. 106-112.
4. Ларюшин Н.П., Мачнев А.В., Шумаев В.В. Лабораторные исследования сошника сеялки-культиватора с бороздообразующим рабочим органом // Нива Поволжья. – 2008. – №3. – С. 32-33.

References

1. Laryushin N.P., Machnev A.V., SHumaev V.V. i dr. Posevnye mashiny: Teoriya, konstrukciya, raschyot. Monografiya – M.: Rosinformagrotekh, 2010. – 292 s.
2. Mel'nikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skokozyajstvennyh processov –L.: Kolos, 1980.–167s.
3. Voloshin I.V., Laryushin N.P., Kuvajcev V.N., SHumaev V.V., Vanin D.V. Laboratornye issledovaniya kombinirovannogo soshnika dlya poseva semyan zernovykh kul'tur // Niva Povolzh'ya. – 2018. – № 2 (47). – S. 106-112.
4. Laryushin N.P., Machnev A.V., SHumaev V.V. Laboratornye issledovaniya soshnika seyalki-kul'tivatora s borozdoobrazuyushchim rabochim organom // Niva Povolzh'ya. – 2008. – №3. – S. 32-33.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Ларюшин Николай Петрович – доктор технических наук, профессор Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Ванин Дмитрий Владимирович – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Шумаев Василий Викторович – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru.

Шуков Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Кирюхина Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет», Россия, г. Пенза, e-mail: kiruhina.t.a@pgau.ru.

Author credentials

Affiliations

Laryushin Nikolay – Doctor of Technical Sciences, Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: larushinnp@mail.ru.

Vanin Dmitry – Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Shumaev Vasily – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: shumaev.v.v@pgau.ru.

Shukov Alexander – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University”, Russia, Penza, e-mail: Sashka-shukov@yandex.ru.

Kiryukhina Tatyana – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Penza State Agrarian University” Russia, Penza, e-mail: kiryuhina.t.a@pgau.ru.

Поступила в редакцию (Received): 14.02.2020 Принята к публикации (Accepted): 03.04.2020

УДК 621.899

DOI: 10.35887/2305-2538-2020-2-29-35

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА СЕЯЛКИ СО СПЛОШНЫМ ПОКРЫТИЕМ КЛАПАНА ИЗ РЕЗИНЫ С ШИПАМИ

¹Ларюшин Николай Петрович

¹Родин Александр Сергеевич

¹Шуков Александр Васильевич

¹Шумаев Василий Викторович

¹Кирюхина Татьяна Александровна

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Реферат. Исследования, направленные на повышение качества посева зерновых культур сеялкой за счет разработки эффективных катушечных высевальных аппаратов имеет важное значение для АПК России. Новый катушечный высевальный аппарат со сплошным покрытием клапана из резины с шипами разработан, изготовлен и испытан на базе Пензенского ГАУ. Проводили теоретические исследования конструктивных и режимных параметров катушечного высевального аппарата, со сплошным покрытием клапана из резины с шипами. Установили, что угол обхвата сплошного покрытия из резины с шипами, замеренный от кромки сброса семян клапана из центра вращения высевальной катушки, составляет 100 градусов. Улучшение равномерности высева семян с заданной нормой, снижение травмирования семян и повышению урожайности могут быть обеспечены наличием сплошного покрытия из резины с шипами, с заданными конструктивными параметрами.

Изучали закономерности движения центра масс семени при передвижении его по плоскости клапана высевального аппарата. Установили зависимости наименьшего коэффициента трения, при котором возможно качение семени без скольжения, частоты вращения катушки. Показали, что при использовании предлагаемого высевального аппарата с покрытием из резины с шипами на клапане с расчётными конструктивными и кинематическими параметрами за счёт улучшенного формирования потока семян при выходе из исследуемого высевального аппарата уменьшится неравномерность распределения семян по длине рядка, а также снизятся пульсации семян, в результате повысится урожайность производимой культуры и снизятся затраты на её производство.

Ключевые слова: катушечный высевальный аппарат, неустойчивость общего высева, посев, зерновые культуры, клапан, шипы.

THEORETICAL STUDIES OF THE SEEDING APPARATUS OF A SEEDER WITH A SOLID COVER OF A VALVE MADE OF RUBBER WITH SPIKES

¹Laryushin Nikolay

¹Rodin Alexander

¹Shukov Alexander

¹Shumaev Vasily

¹Kiryukhina Tatyana

¹FSBEI HE “Penza State Agrarian University”