На правах рукописи

ЮМАЕВ ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКА СЕЯЛКИ

Специальность 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Рязань 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

Научный руководитель:	доктор технических наук, профессор **Рембалович Георгий Константинович**
Официальные оппоненты:	**Ларюшин Николай Петрович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК»
	Крючин Николай Павлович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», заведующий кафедрой «Механика и инженерная графика»
Ведущая организация	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита состоится «06» декабря 2023 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: www.rgatu.ru, с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации https://vak.minobrnauki.gov.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор Юхин Иван Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Продовольственные проблемы занимают важнейшее место в экономике России. Общеизвестным является факт, что стабильность урожая возможна с использованием определенных методик посева и посадки, соблюдения правил выращивания сельскохозяйственных культур со своевременным внесением различных типов удобрений. В связи с принятием Постановления Правительства РФ от 31.05.2019 N 696 (ред. от 10.07.2020) "Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Комплексное развитие сельских территорий" и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации", наблюдается активное восстановление сельскохозяйственных земель для дальнейшего выращивания на них сельскохозяйственных культур. «Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации» (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. №20) одним из важнейших вызовов отмечает технологические риски, вызванные возможным «отставанием от развитых стран в уровне технологического развития производственной базы». В условиях необходимости обеспечения продовольственной безопасности импортозамещение необходимо не только при приобретении техники, но и в рамках технического сервиса. Выходящие из строя импортные узлы и детали должны своевременно заменяться на новые запасные части отечественного производства, с более низкой стоимостью, но с сопоставимыми или превышающими импортные аналоги техническими характеристиками. Это в полной мере относится и к технике для растениеводства, в частности, посевным комплексам, их деталям и сборочным единицам. Таким образом, совершенствование технических средств внесения жидких минеральных удобрений при посеве в условиях импортозамещения является актуальной научно-технической задачей.

Степень разработанности темы. Исследованиями и разработкой технологий и технических средств для внесения жидких минеральных удобрений, в том числе при посеве, занимались Б.Х. Ахалая, В.Е. Бердышев, И.Х. Гайфуллин, В.М. Дринча, А.В. Ещин, Б Г. Зиганшин, Б.Л. Иванов, А.Ю. Измайлов, М.Ю. Костенко, Н.П. Крючин, В.И. Курдюмов, С.А. Кшникаткин, Н.П. Ларюшин, Г.И. Личман, А.В. Мачнев, Н.А. Мищенко, Г.К. Рембалович, М.С. Сигида., С.И. Старовойтов, И.А. Успенский, В.Ф. Федоренко, и др., а также ряд зарубежных исследователей: Daschiel G., Frohnapfel B., Jovanović J., DeGiorgi M.G., Ficarella A., и др. С появлением

новых материалов и подходов к проектированию современных технических средств для АПК необходимо продолжить исследования в этой области.

Работа выполнена в соответствии с НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021…2025 гг., тема «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос.рег. 122020200038-8).

Цель исследования - обоснование параметров сошника сеялки с форсункой-распылителем для внесения жидких минеральных удобрений при посеве.

В соответствии с выбранной целью были поставлены следующие **задачи исследования:**

1. Провести анализ технико-технологических решений, применяемых при посеве с возможностью внесения жидких минеральных удобрений.

2. Теоретически и экспериментально обосновать параметры форсунки-распылителя эллипсовидной формы отверстия сошника сеялки (далее ФРЭФОСС) для внесения жидких минеральных удобрений при посеве.

3. Экспериментально обосновать параметры сошника сеялки, оснащенного ФРЭФОСС.

4. Исследовать показатели работы пропашной сеялки, оснащенной сошником с форсункой-распылителем для внесения жидких минеральных удобрений при посеве, и определить технико-экономический эффект от их применения.

Объект исследования. Процесс внесения жидких минеральных удобрений при посеве.

Предмет исследования. Закономерности внесения жидких минеральных удобрений при посеве.

Научная новизна работы заключается в установлении аналитических зависимостей, описывающих влияние параметров ФРЭФОСС на энергозатраты и равномерность распределения жидкости при внесении жидких минеральных удобрений.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании рациональных параметров ФРЭФОСС.

Практическая значимость работы заключается в результатах исследования влияния разработанных ФРЭФОСС на показатели работы пропашных сеялок с возможностью внесения жидких минеральных удобрений.

Методология и методы исследования. Исследования проводились в соответствии с основами теоретической механики, теории вероятности,

сопротивления материалов и математической статистики. Экспериментальные исследования проводили на основе планов многофакторного эксперимента. Анализ полученных данных выполнялся с помощью программ «STATISTICA», «MicrosoftExcel» и «MathCAD». Лабораторно-полевые исследования проводили согласно ГОСТ 33686-2015.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснованные параметры сошника сеялки с ФРЭФОСС для внесения жидких минеральных удобрений при севе.

2. Оценка влияния параметров сошника сеялки с ФРЭФОСС на равномерность внесения жидких минеральных удобрений.

3. Технико-экономический эффект применения модернизированной сеялки.

Достоверность результатов. Достаточная сходимость результатов теоретических и лабораторных исследований (расхождение составило менее 5%), а также положительные результаты апробации, подтвердили основные положения диссертации.

Реализация результатов исследования. На основании исследований были изготовлены опытные образцы форсунки-распылителя, которыми оборудована пропашная сеялка Great Plains YP 825A (КФХ «Гусев Е.А.», с. Черная речка Сапожковского района Рязанской области), прошедшие экспериментальные исследования в 2021-2022 г.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в постановке задач научных исследований, участии в проведении теоретических исследований, разработке программы и проведении экспериментальных исследований, обработке результатов экспериментов усовершенствованной сеялки Great Plains YP 825A, апробации результатов исследования, подготовке публикаций по выполненной работе.

Апробация работы: Результаты работы были рассмотрены на конференциях:

1 Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. , Рязань, 09 декабря 2020 года. ФГБОУ ВО РГАТУ.

2. 72-я международная научно-практическая конференция, Рязань, 20 апреля 2021 года. ФГБОУ ВО РГАТУ.

3. II Национальная научно-практическая конференция с международным участием, посвященная памяти доктора техн. наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 24 ноября 2022 года. ФГБОУ ВО РГАТУ.

4. Всероссийская научно-практическая конференция "Инновационные решения для АПК"Рязань, 16 февраля 2023 года. ФГБОУ ВО РГАТУ.

Публикации по теме диссертации. Основные положения диссертации опубликованы в 9 научных работах, из них 4 статьи в источниках, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ. Общий объем публикаций составил 3,44 п.л., из них лично соискателю принадлежит 2,4 п.л.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 разделов, выводов, заключения. Она изложена на 126 страницах машинописного текста с приложениями, содержит 45 рисунков, 11 таблиц, список литературы из 162 наименований.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулированы основные положения, вынесенные на защиту, обоснована актуальность, определены цель, поставлены задачи, отмечены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе **«Состояние изучаемого вопроса»** проведён анализ технологических особенностей и технических решений внесения жидких минеральных удобрений, рассмотрены показатели и характеристики машин для внесения жидких минеральных удобрений, проведён анализ параметров и показателей работы форсунок-распылителей, применяемых при внесении жидких минеральных удобрений.

Во второй главе **«Теоретическое обоснование параметров ФРЭФОСС»** рассмотрена конструкция сошника для высева семян и внесения жидкий удобрений.

Предлагаемая ФРЭФОСС (рисунок 1) представляет собой конструкцию, включающую: уплотнительную часть 1, к боковым стенкам которой прикреплены эластичные крылья 7 из полимерного материала. Уплотнительная часть оборудована форсункой-распылителем 2. Для подвода жидких минеральных удобрений используется шланг, закрепленный в штуцер 3, для прилегания шланга в уплотнительной части имеется канал 4. ФРЭФОСС упругой частью 5 прикрепляется к сошнику сеялки с помощью фиксатора 6. Упругая и уплотняющая части выполнены из полимерных материалов.

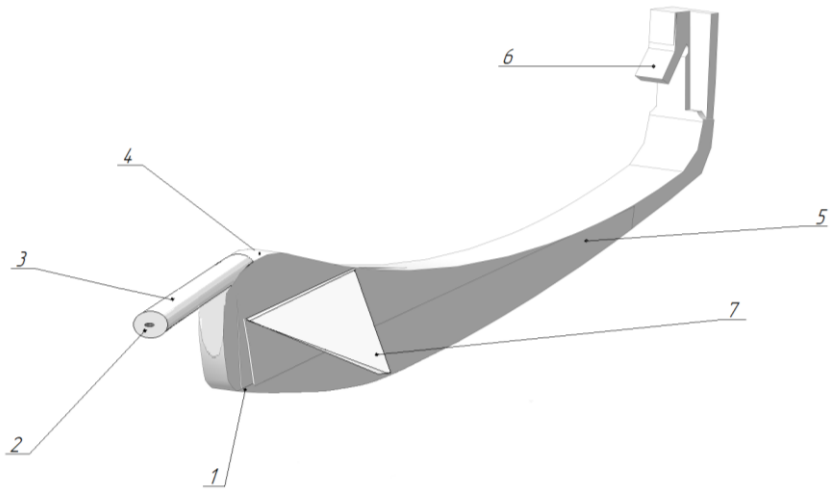


Рисунок 1 – Схема ФРЭФОСС.

Двухдисковый сошник сеялки образует борозду, стенки которой частично осыпаются на её дно. Это обуславливает лучший контакт почвы с поверхностью семени. После прохода сошника происходит дальнейшее обрушение стенок борозды, при этом частично заделываются семена. Размеры борозды определяются углом между дисками β и углом наклона радиуса к вертикали α. Для определения ширины борозды существует формула (1) (рисунок 2).

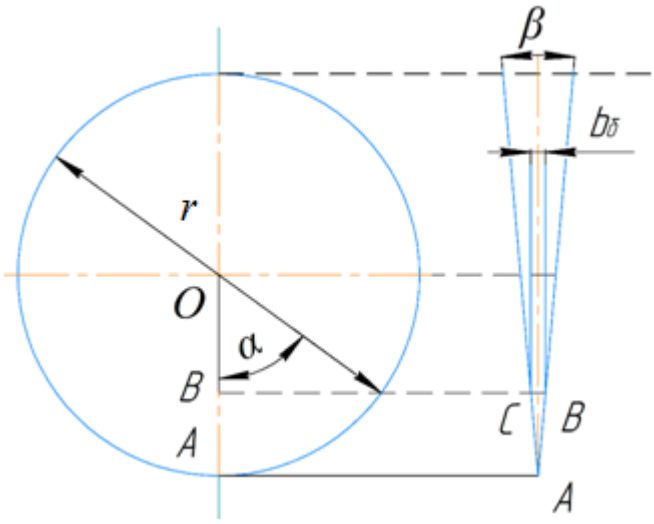


Рисунок 2 – Расчетная схема определения размеров борозды

$$b_б = 2r \cdot (1 - \cos\alpha) \cdot \sin\frac{\beta}{2} \qquad (1)$$

где $b_б$ – ширина борозды, м;

r – радиус дисков, м;

α – угол наклона радиуса к вертикали, град;

β– угол между дисками, град.

Для подкормки азотным удобрением, необходимо создать прослойку почвы между семенами и удобрением.

Получена зависимость объема почвы, сбрасываемой крыльями уплотнителя сошника сеялки на дно борозды от величины прослойки почвы между семенами и удобрениями.

$$S_к = h_у \frac{1}{2} \cdot \left(2b_б + \frac{2h_у}{\tan\varphi}\right) \qquad (2)$$

где $S_к$ – объем почвы, необходимый для закрытия борозды на глубину $h_у$, м^2;

φ – угол естественного откоса гребня почвы.

Ширина крыльев уплотнителя сошника сеялки $b_к$ с учетом (2) определяется зависимостью:

$$b_к = b_б - 2h_у \cos\varphi + \sqrt{\frac{h_у}{\sin\varphi}\left(b_б + \frac{h_у}{\tan\varphi}\right)} \qquad (3)$$

Она рассчитана в программе MathCAD (рисунок 3).

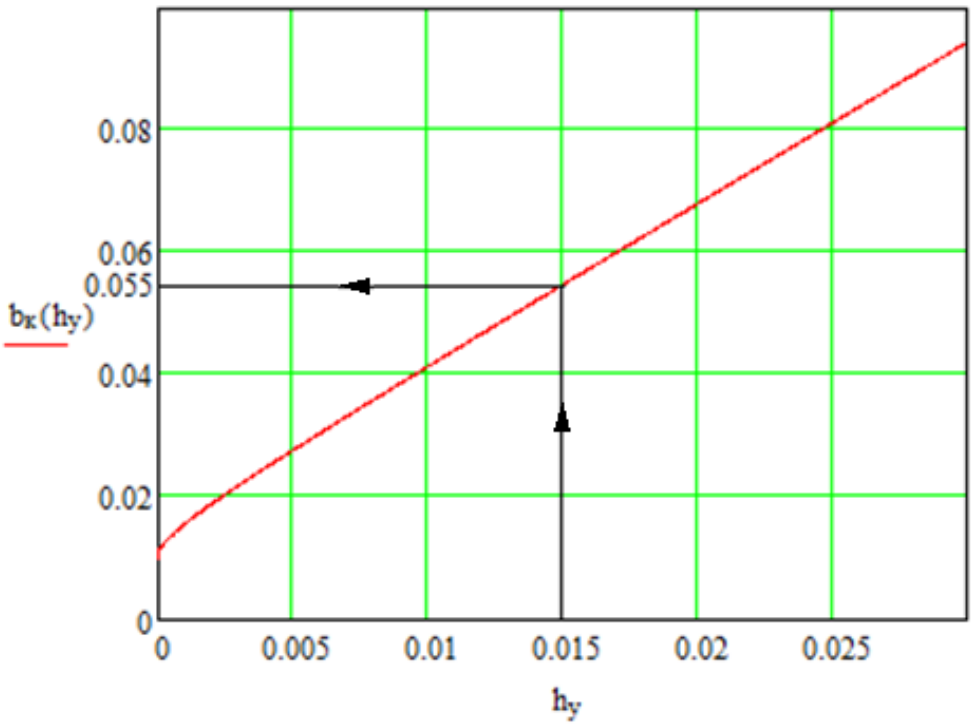


Рисунок 3 – Зависимость величины прослойки почвы между семенами и азотными удобрениями от ширины крыльев уплотнителя

Анализ рисунка 3 показал, что для величины прослойки почвы 0,015 м ширина крыльев уплотнителя должна быть 0,055 м.

При истечении жидкости из эллипсовидного сопла неравномерность давления в радиальных направлениях, возникающая от инерционных нагрузок, способствует изменению ее поперечного сечения, которое определяется не только сужением потока, но и величиной скорости струи, разницей давлений, возникающих при инверсии струи и силами поверхностного натяжения.

При выходе из ФРЭФОСС меняется давление, но благодаря силам поверхностного натяжения струя не распадается на капли. В ней возникают волновые явления, которые меняют форму и размеры поперечного сечения струи (рисунок 4)

Учитывая волновые явления в струе, величина среднего радиуса r_0 подвержена изменениям в различных сечениях (рисунок 4), поэтому исследование изменения площади поверхности проведено на участке длины волны λ.

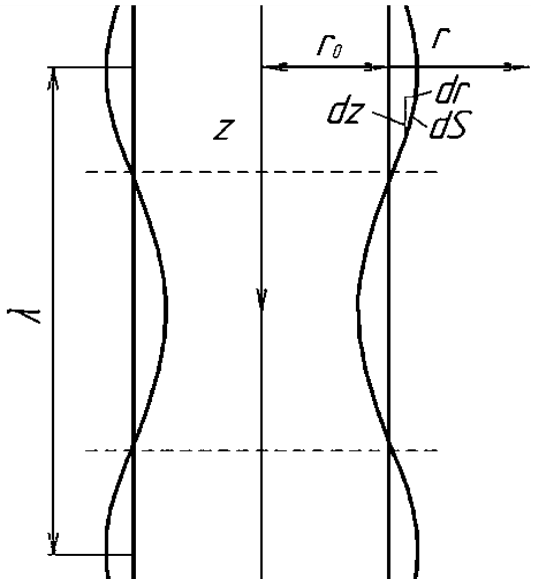


Рисунок 4 – Изменение продольной формы струи в результате инверсии

Изменение радиуса поверхности струи можно представить в виде уравнения

$$r_{пов} = r_0 + \alpha_0 \cdot \cos(kz) \qquad (4)$$

где k – пространственная частота волнового возмущения, k = 2 π/λ;

λ – длина волны;

r_0 – средний радиус струи;

α_0 – приращение радиуса волны, причем $\alpha_0 << r_0$, $\alpha_0 << \lambda$.

Установлено выполнение условия неизменности объема участка струи (5).

$$W = \pi \int_0^{\lambda} (r_0 + \alpha_0 \cdot \cos(kz))^2 \cdot dz \qquad (5)$$

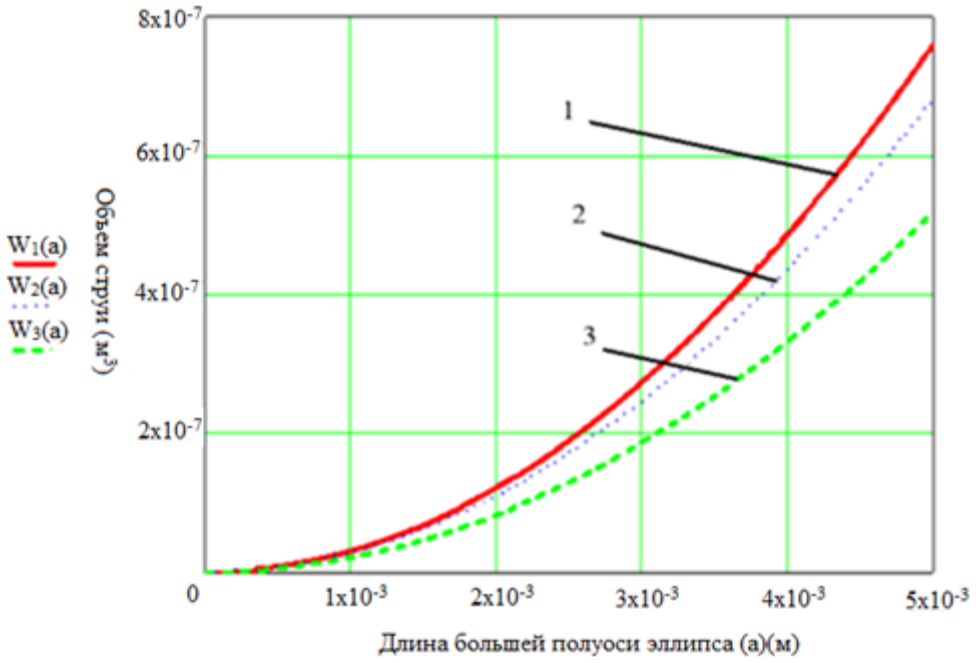
где W – объем струи на длине волны λ.

Учитывая, что длины полуосей связаны соотношением $b = a\sqrt{1 - e^2}$, то зависимость (5) принимает вид (рисунок 5):

$$W = \pi\lambda a^2\sqrt{1 - e^2} \qquad (6)$$

где a – длина большей полуоси эллипса;

e – эксцентриситет эллипса.



1- величина эксцетриситета е = 0,25; 2- величина эксцетриситета е = 0,5; 3- величина эксцетриситета е = 0,75

Рисунок 5 – Зависимость объема струи на длине волны от длины большей полуоси эллипса при различных значениях эксцентриситета

Количество вносимых жидких удобрений ($Q_{зад}$) определяется распределительным устройством, шириной захвата машины $B_р$ и её скоростью движения $\upsilon_м$.Установлено условие его соответствия их подаче:

$$\mu S\sqrt{2gp/\gamma} = B_р \upsilon_м Q_{зад} \qquad (7)$$

где μ – коэффициент распределения скорости истечения по поперечному сечению, 0,4…0,7;

р–давление жидких удобрений, Па;

γ– удельный вес жидких удобрений, Н/м^3.

S – площадь контрольного участка, м^2

$B_р$– ширина захвата машины, м;

$\upsilon_м$–скорость движения машины, м/с.

С учетом этого, количество вносимых удобрений ($Q_{зад}$) определится зависимостью (рисунок 6):

$$Q_{зад} = \frac{\mu S\sqrt{2gp_{изб}/\gamma}}{B_р \upsilon_м} \qquad (8)$$

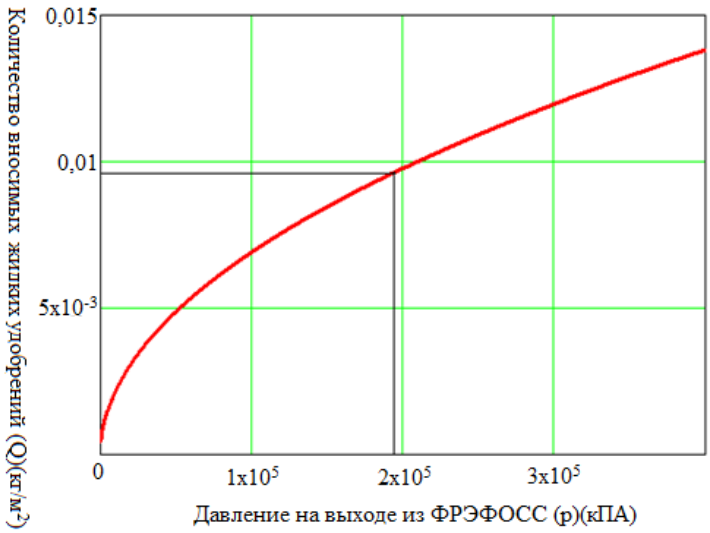


Рисунок 6 – Зависимость количества вносимых жидких удобрений от давления на выходе из ФРЭФОСС

В третьей главе **«Экспериментальное обоснование параметров ФРЭФОСС для внесения жидких минеральных удобрений в рядок при посеве семян»** представлены вопросы проведения лабораторных исследований.

Исследование каплеобразования заключалось в оценке размеров капель жидких удобрений из ФРЭФОСС с отверстием различных форм и площадей. На лабораторную установку в соответствии с планом эксперимента монтировались различные ФРЭФОСС. Каплеуловитель устанавливали по периферии струи, где исключено слияние капель. Время экспозиции шторки составляло 0,22 секунды, скорость движения шторки составляла 0,69 м/сек.

Опытные данные обрабатывались в программе Statistika для получения уравнения регрессии и построения графиков, полученных зависимостей.

$$d_к = 5{,}4108 + 5{,}236 \cdot d_o + 1{,}047 \cdot s_o + 2{,}0943 \cdot {d_o}^2 + 0{,}7852 \cdot d_o \cdot s_o + 2{,}8793 \cdot {s_o}^2 \quad (9)$$

где $d_к$ - диаметр следа капли на фильтровальной бумаге, м^2;

d_o– среднее значение формы отверстия форсунки-распылителя (соотношение большой и малой осей эллипса по 3 диапазонам), м;

s_o– площадь поперечного сечения форсунки-распылителя, м^2.

Статистический анализ уравнения регрессии показал, что уравнение описывает опытные данные с коэффициентом детерминации 0,89, при этом коэффициент регрессии составляет 0,94, что свидетельствует об адекватности полученного уравнения регрессии опытным данным. Анализ уравнения регрессии показал, что наибольшую значимость имеет площадь сечения ФРЭФОСС, в тоже время форма отверстия также влияет на процесс

каплеобразования. Уравнение регрессии было представлено в виде графика зависимости размера капель от площади и коэффициента формы отверстия (рисунок 7).

Расшифровав кодированные значения факторов, установлено, что наименьший размер капель получен при использовании ФРЭФОСС с формой отверстия, где соотношение большой оси к малой - 1,25, а площадь поперечного сечения отверстия – 0,007 м^2.

В результате проведенных исследований получена зависимость количества вносимых жидких удобрений кг/100м^2 от скорости высева и высоты расположения ФРЭФОСС над обрабатываемой поверхностью поля.

$$Q = 0{,}4178 + 0{,}0217 \cdot h_ф + 0{,}015 \cdot V - 0{,}0517 \cdot h_ф^2 - 0{,}0225 \cdot h_ф \cdot V + 0{,}0483 \cdot V^2 \quad (10)$$

где Q – количество вносимых жидких удобрений кг/100 м^2;

$h_ф$ – высота форсунки – распылителя, м;

V – скорость лабораторной установки, м.

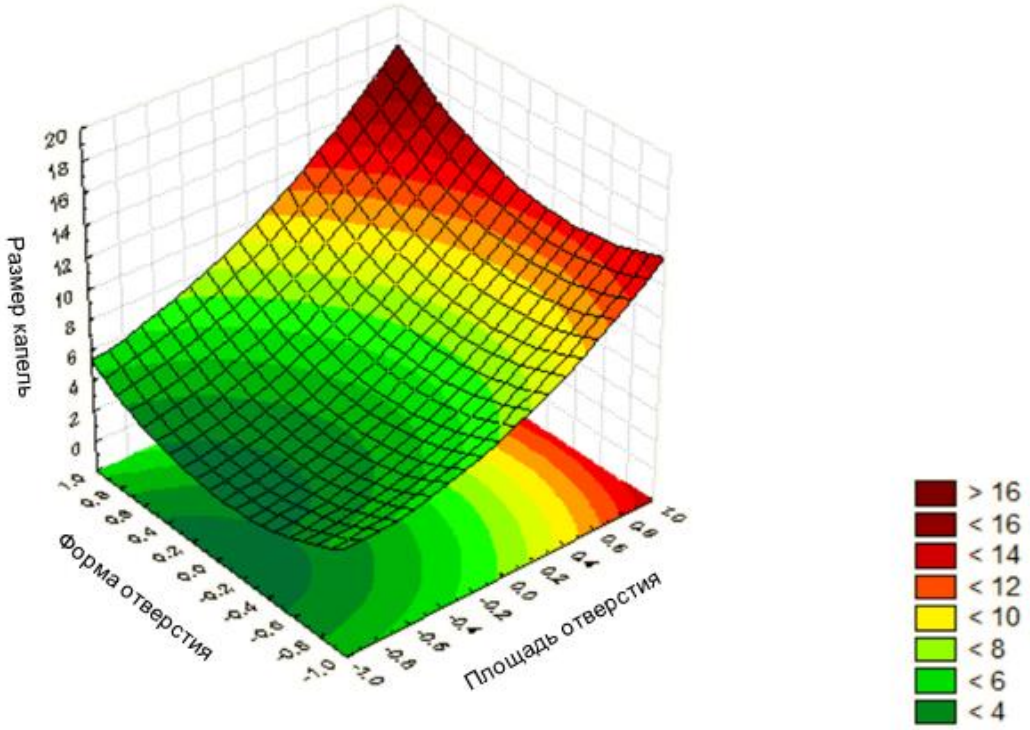


Рисунок 7 –Зависимость размера капель от площади и формы отверстия

Анализ уравнения показал, что наиболее значимым фактором является скорость движения лабораторной установки (ФРЭФОСС). На основании уравнения регрессии построен график зависимости количества вносимых удобрений от скорости и высоты расположения ФРЭФОСС над обрабатываемой поверхностью поля. (рисунок 8).

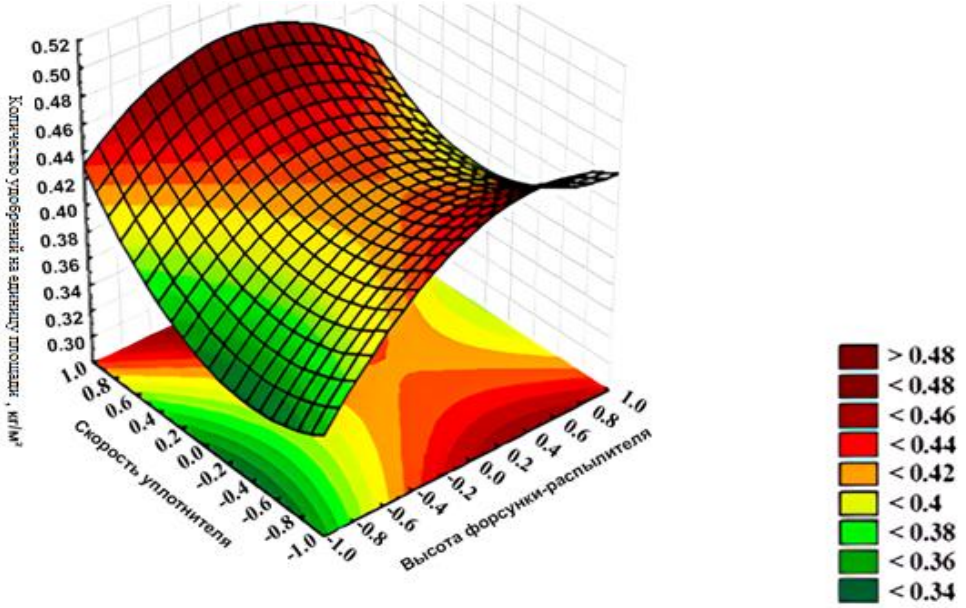


Рисунок 8 – Зависимость количества удобрений на единицу площади кг/100м^2 от скорости и высоты расположения ФРЭФОСС над обрабатываемой поверхностью поля.

В результате проведенных исследований получена зависимость ширины распыла от скорости и высоты расположения ФРЭФОСС над обрабатываемой поверхностью поля (рисунок 9).

$$b_{ф} = 2{,}44 + 0{,}0483 \cdot h_{ф} + 0{,}0367 \cdot \mathrm{V} - 0{,}065 \cdot \mathrm{h}_{ф}^{2} - 0{,}035 \cdot h_{ф} \cdot \mathrm{V} + + 0{,}05 \cdot \mathrm{V}^{2} \quad (11)$$

где $b_{ф}$ – ширина распыла форсунки – распылителя, мм.

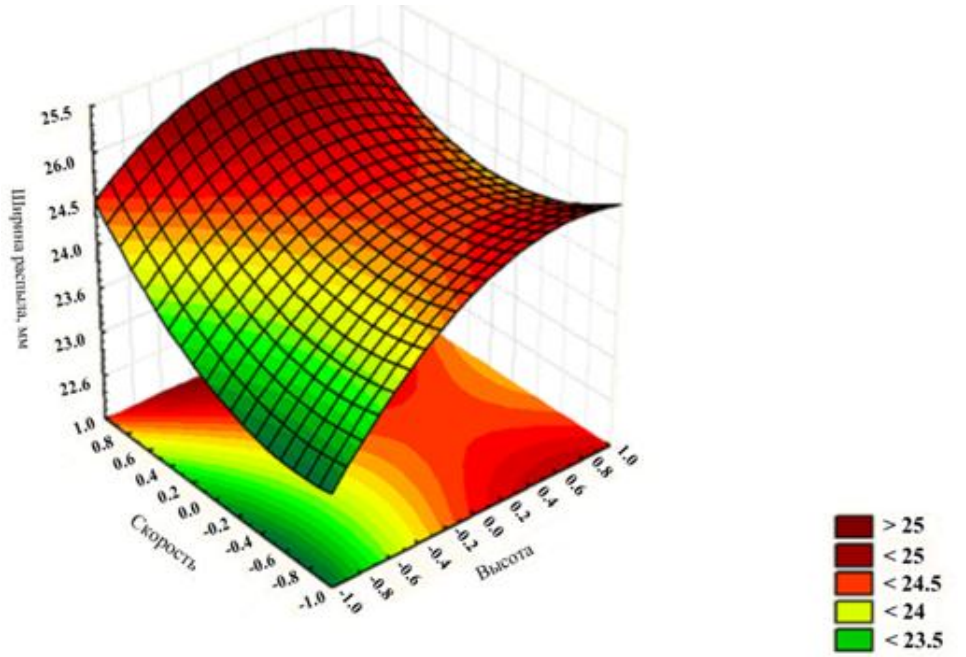


Рисунок 9 – Зависимость ширины распыла от скорости и высоты расположения ФРЭФОСС

Анализ рисунка 9 показал, что рациональными кодированными значениями являются скорость 0,2 и высота расположения ФРЭФОСС (-0,3), что соответствует реальным значениям скорости 1,99 м/с и высоты расположения ФРЭФОСС 0,024 м, тогда ширина распыла ФРЭФОСС составляет 0,0245 м.

В четвёртой главе «*Результаты внедрения и оценка экономического эффекта от технического средства, оснащенного ФРЭФОСС*» представлены результаты внедрения и оценка экономического эффекта от технического средства, оснащенного ФРЭФОСС.

Полевые исследования сеялки с ФРЭФОСС велись по двум основным направлениям: оценка неравномерности внесения жидких минеральных удобрений ФРЭФОСС и сравнительная оценка показателей сеялки YP 825A с ФРЭФОСС, с показателями серийно выпускаемых уплотнителей. На сошники сеялки устанавливали ФРЭФОСС с крыльями для засыпки борозды с семенами.

Исследования проводились на подсолнечнике сорта «Ароматик» на площади 370 га. Предшественник яровая пшеница сорта «Ваник», основная норма внесения минеральных удобрений 220 кг/га диамофоски.

Полевые исследования показали:

1. Неравномерность внесения жидких минеральных удобрений ФРЭФОСС составила 7,6% при расходе 90 кг/га.

2. ФРЭФОСС при внесении жидких минеральных удобрений обеспечивает работоспособность на скоростях движения посевного агрегата трактор McCORMICKTTX230 + сеялка Great Plains YP 825A 8 км/ч. Глубина хода сошников составляла 2…4 см, глубина внесения жидких минеральных удобрений 1…2 см.

3. Применение ФРЭФОСС при внесении жидких минеральных удобрений сеялкой Great Plains YP 825A позволило получить урожайность 32 ц/га, что на 18,5% больше, чем на контрольном участке.

На основе полученных результатов можно сделать заключение, что распределение высококонцентрированных жидких минеральных удобрений по ширине борозды с предварительной присыпкой семян почвой позволяет в условиях КФХ «Гусев Е.А.», с. Черная речка Сапожковского района Рязанской области повысить урожайность подсолнечника на 18,5%.

На основании расчета экономического эффекта при увеличении урожайности подсолнечника сорта «Ароматик» была получена экономия совокупных затрат денежных средств на годовой фактический объем работы модернизированной сеялки 3086602,9 рублей в расчете при её загрузке 370 га в год.

Заключение

1. Анализ технико-технологических решений, применяемых при посеве с возможностью внесения жидких минеральных удобрений показал, что рациональным является оснащение сошника сеялки уплотнителем с эластичными крыльями и форсункой-распылителем (ФРЭФОСС).

2. Теоретически установлено, что для повышения равномерности внесения жидких минеральных удобрений при посеве необходимо применять форсунку-распылитель эллипсовидной формы отверстия сошника сеялки (ФРЭФОСС). Для обеспечения посева семян на глубине от 0,03 до 0,05 м рациональное значение угла между дисками сошника составляет 5 градусов при диаметре диска 0,4 м и расстоянии 0,025 м от нижней точки сошника до дна борозды.

3. Для количества вносимых жидких удобрений 90 кг/га и при использовании ФРЭФОСС с параметрами эллипсовидного отверстия а=0,004 м, b =0,003 м необходимо давление жидких минеральных удобрений в магистрали распределительного устройства около 200 кПа. Выявлено, что ФРЭФОСС обеспечивает равномерность внесения на 17% выше, чем форсунка с круглым отверстием.

4. В результате экспериментальных исследований получено: наименьший размер капель достигается на ФРЭФОСС. Рациональными значениями скорости движения являются 1,99-2,05 м/с при количества вносимых жидких удобрений 25 кг/га и ширине распыла форсунки – 0,0245 м.

5. Применение сошника ФРЭФОСС при внесении жидких минеральных удобрений позволило получить урожайность подсолнечника 32 ц/га, что на 18,5% больше, чем на контрольном участке. Годовой технико-экономический эффект от применения модернизированного посевного агрегата, оснащенного ФРЭФОСС, составил 3086602,9 рублей при загрузке сеялки 370 га в год.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Совершенствование рабочих органов сеялки целесообразно продолжить в направлении внесения жидких минеральных удобрений в различных почвенных условиях.

Рекомендации к производству

Для повышения эффективности внесения жидких минеральных удобрений, пропашную сеялку рационально оснастить форсунками-распылителями эллипсовидной формы отверстия.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Статьи в рецензируемых изданиях из списка ВАК РФ:

1. Кузнецов А.В. Исследование инверсии струи дождевальных насадок с отверстием эллипсовидной формы / А.В. Кузнецов, Д.М. Юмаев, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Н.А. Костенко // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2020. №3 (47). С133-137.– DOI 10.36508/RSATU.2020.23.36.023. – EDN WTDERH.

2. Горячкина И.Н.Лабораторные исследования дисперсности аэрозоля для механизированной обработки растений / И.Н. Горячкина, А.И. Ликучев, Д.М. Юмаев, Г.К. Рембалович, М.Н. Чаткин //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. №3 (14) С.85-93.– DOI 10.36508/RSATU.2022.94.92.011. – EDN WFYRXI.

3. Юмаев Д.М. Экспериментальное обоснование параметров форсунки-распылителя для агропромышленного комплекса/ Д.М. Юмаев, Г.К Рембалович, М.Ю. Костенко, Н.А. Костенко, И.А. Мурог //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2022. №4 (14). С193-200.– DOI 10.36508/RSATU.2022.10.18.025. – EDN TZCHSB.

4. Юмаев Д.М. Теоретическое обоснование параметров сошника сеялки / Д.М. Юмаев, Г.К Рембалович, М.Ю. Костенко, А.В. Шемякин, С.Н, Борычев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – № 3(59). – С. 178-184. DOI 10.36508/RSATU.2023.42.41.023

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1566 подписано в печать 06.10.2023 г.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1
Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1