

На правах рукописи

СЕМИН ВАЛЕНТИН ВЛАДИМИРОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ
ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ
УДОБРЕНИЙ**

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023 г.

Работа выполнена на кафедре сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Манохина Александра Анатольевна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры сельскохозяйственных машин ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Голубев Вячеслав Викторович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологических и транспортных машин и комплексов ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия»

Тимошина Наталья Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией агрохимии и биохимии ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»

Защита состоится 21 декабря 2023 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.030.03 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел: 8 (499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н. И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» и на сайте Университета www.timacad.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н. Н. Пуляев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства, согласно Федеральной научно-технической программе развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы (ФНТП), направлено на обеспечение стабильного роста производства сельскохозяйственной продукции.

Сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почв обеспечивает растениям не только оптимальные условия для их роста и развития, но и питательный режим, раскрывая потенциальные способности сорта или гибрида, позволяющие обеспечить сырьем сельское хозяйство, пищевую, комбикормовую и перерабатывающую промышленность.

Утилизация жидкого и полужидкого навоза является одной из проблем, требующих незамедлительного решения. Существует огромный выбор импортных машин для транспортирования и внесения жидкого навоза различными способами. Из-за недостаточности исследований применимости тех или иных технологий для условий конкретного хозяйства происходит повышение себестоимости работ и большой нагрузке на окружающую среду вследствие больших потерь питательных элементов.

Повышение плодородия почвы, за счет выращивания сидеральной культуры по принятой в регионе технологии, основано на заделывании ее в почву после достижения растениями необходимой вегетативной массы. Одновременное внесение органических удобрений и использование сидератов с целью расширенного воспроизводства плодородия почвы и ее обогащения органическим веществом, дает возможность устойчивого получения сельскохозяйственной продукции.

Соискателем на базе РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, на кафедре сельскохозяйственных машин предлагается технология совмещения внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений (ЖОУ) и посева сидеральной культуры.

Применение предлагаемого агрегата позволит повысить плодородие почвы, а, следовательно, и урожайность культур, при этом снизив

эксплуатационные затраты и затраты труда на транспортировку, и внесение ЖОУ.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в изучение вопросов физических свойств, продвижения навоза по трубопроводам и рабочим органам машин, и обоснования их параметров внесли Н.С. Авдонин, Н.В. Алдошин, Е.Г. Алехин, В.С. Андрущук, А.М. Буцыгин, А.С. Глушко, В.А. Зуев, Н.М. Марченко, Р.А. Меликов, С.И. Назаров, Г.К. Рембалович и др. Вопросами механизации продукции отходов животноводства и переработки навоза занимались В.И. Трухачев, Ю.Г. Иванов, В.В. Кирсанов, Н.А. Тимошина, В.А. Смелик и др.

За последнее десятилетие в нашей стране произошел значительный прогресс в техническом оснащении работ по транспортированию на поля и внесению ЖОУ. Однако, интенсивное развитие животноводства, требует совершенствование технологии и технических средств использования ЖОУ.

Цель и задачи исследований. Совершенствование технологии и комбинированного орудия для внутрипочвенного внесения ЖОУ.

Для достижения поставленной цели решали следующие задачи:

1. Провести анализ машин и орудий для внутрипочвенного внесения ЖОУ и возделывания сидеральных культур.
2. Разработать математическую модель для расчета доз внесения удобрений, которая учитывает геометрические размеры рабочих органов, их количество и расстановку на раме орудия, а также эксплуатационные параметры – скорость агрегата, глубину обработки и свойства почвы.
3. Теоретически обосновать параметры и режимы работы комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ и посева сидеральных культур для совершенствования технологий и машин для внутрипочвенного внесения ЖОУ.
4. Провести испытания предложенного комбинированного агрегата и технологии внутрипочвенного внесения ЖОУ, и посева сидеральных культур.
5. Дать технико-экономическую оценку предлагаемого агрегата.

Объекты исследований: почва, рабочие органы машины для внутрипочвенного внесения ЖОУ, сеялка для посева сидеральных культур.

Предмет исследований: теоретические и экспериментальные закономерности изменения технологических параметров, процессов возделывания, по использованию комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ и посева сидеральных культур.

Научная новизна работы заключается в разработке математической модели для расчета доз внесения удобрений, которая учитывает геометрические размеры рабочих органов, их количество и расстановку на раме орудия, а также эксплуатационные параметры – скорость агрегата, глубину обработки и свойства почвы; методики для получения закономерностей работы комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ, обеспечивающего экологически безопасное применение больших доз ЖОУ при глубоком внутрипочвенном их внесении с одновременным высевом сидеральных культур.

Новизна технических решений была подтверждена несколькими патентами на полезную модель № 206217, 207487, 208134, 215121 и патентами на промышленный образец № 126499, 126760, 126847, 126757.

Теоретическая значимость заключается в теоретическом обосновании параметров и режимов работы комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ, разработке математической модели для расчета доз внесения удобрений.

Практическая значимость. На основании проведенных исследований усовершенствована технология внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур, разработан комбинированный агрегат для внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и их прикатыванием.

Практическая значимость исследования для производства заключается в агрономическом обосновании технологических процессов механизированного

внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и их прикатыванием.

Реализация результатов исследования предусматривает решение следующих технологических задач:

1. внутрипочвенное внесение ЖОУ;
2. закрытие поверхности почвы растениями (сидератами) для формирования в приземном слое условий, которые благоприятны для активной деятельности микроорганизмов;
3. ускорение процесса использования питательных веществ, вносимых с органическими удобрениями;
4. прикатывание обработанной комбинированным агрегатом поверхности поля, для заделки сидератов и снижения площади, с которой испаряется влага.

Методы исследования. Теоретические и экспериментальные исследования проведены в соответствии с общепринятыми методами физического и математического моделирования с применением компьютерных средств обработки данных, а также методов математической статистики. Полевые исследования проводили согласно стандартным методикам проведения полевого эксперимента; обработка результатов проведена методами математического и статистического анализа.

Основные положения, выносимые на защиту:

- усовершенствованная технология и конструкция машины для внутрипочвенного внесения ЖОУ с рабочими органами в виде чизельных лап, которые позволяют обеспечить полную инфильтрацию больших доз внесения ЖОУ в соответствии с агротехническими требованиями;
- теоретическое обоснование параметров и режимов работы комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ;
- математическая модель для расчета доз внесения удобрений, которая учитывает геометрические размеры рабочих органов, их количество и расстановку на раме орудия, а также эксплуатационные параметры – скорость агрегата, глубину обработки и свойства почвы;

- расчет доз внутрипочвенного внесения ЖОУ, которые прямо пропорциональны следующим эксплуатационным параметрам: глубине установки чизельных рабочих органов, их количеству, установленному на раме орудия, ширине отрывков на них и обратно пропорциональна скорости движения агрегата;

- технико-экономическая оценка эффективности технологии механизации внутрипочвенного внесения ЖОУ, комбинированного агрегата.

Степень достоверности результатов исследований. Достоверность результатов исследований подтверждена достаточным объемом экспериментальных данных, полученных в результате лабораторных, лабораторно-полевых исследований и выполненных на основании типовых апробированных методик с использованием современных методов компьютерной статистической, математической обработки программными средствами AutoCAD, MS Excel. По результатам, полученным в ходе исследований, были проведены испытания в производственных условиях с внедрением в специализированном хозяйстве ЗАО «Тропарево» Московской области.

Вклад автора в проведенное исследование. Состоит в непосредственном участии автора в получении исходных данных, совершенствовании методик и проведении экспериментальных исследований, а также теоретическом обосновании конструктивно-технологических параметров комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и их прикатыванием, в разработке и изготовлении комбинированного агрегата, обработке и интерпретации экспериментальных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе, личном участии в проведении апробации полученных результатов исследований.

Апробация работы. Основные положения исследовательских работ доложены и одобрены на Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава (РГАУ-МСХА имени К.А.

Тимирязева, 2021 г.); Научно-практических конференциях студентов и молодых ученых (Тверская ГСХА, 2022-2023 г.); Всероссийских (национальных) научно-практических конференциях (Курганская ГСХА, 2022-2023 г.), Международной научно-практической конференции (Курганская ГСХА, 2023 г.), Международной Летней школы ЮКУ им. М. Ауэзова (г. Шымкент, Казахстан, 2023 г.), XXVI Международном научно-практическом форуме (Монгольская академия аграрных наук, 2023 г.), разработка соискателя была награждена Золотой медалью на XXIV Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая Осень – 2022», две справки о внедрении.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 18 печатных работах, в том числе в 6 изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ для публикации результатов диссертационных работ на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, получено 8 патентов РФ. Общий объем опубликованных работ составляет 3,73 п.л., из которых 2,99 п.л. принадлежит лично автору.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы, приложений. Диссертация изложена на 167 страницах компьютерного текста и включает 11 таблиц, 48 рисунков и 13 приложений. Список использованной литературы включает 148 источников, в том числе 35 работ иностранных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении сформулирована актуальность темы исследований, степень ее разработанности, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулирована цель и задачи исследований, положения, выносимые на защиту, приводится методология и методы исследований, степень достоверности результатов и их апробация.

В первой главе «Анализ состояния и выбор приоритетных направлений развития технологии и средств механизации внутрисочвенного внесения удобрений» обосновывается постановка задач исследований. Приводится

аналитический обзор состояния технологий и средств механизации внутрпочвенного внесения удобрений и посева сидеральных культур. Анализ технологий и средств механизации прикатывания обработанной комбинированным агрегатом поверхности поля, для снижения площади, с которой испаряется влага и заделывания высеваемых семян сидеральной культуры. На основании проведенного анализа сформулированы задачи исследований.

Во второй главе «Теоретическое обоснование параметров комбинированного агрегата» приведены теоретические расчеты, по результатам исследования предложено следующее комбинированное орудие (рисунок 1), в состав которого входят: напорная шланговая система для транспортировки ЖОУ от места накопления и хранения навоза до поля; чизельный глубокорыхлитель-щелеватель, инжектируемый заданную дозу удобрений внутрь почвы, пневматическая сеялка для одновременного посева промежуточной культуры (сидератов) и каток, выполняющий выравнивание поверхности поля и заделку высеваемых семян сидеральной культуры. В качестве рабочих органов целесообразно использовать чизельные лапы, обеспечивающие максимальные зоны деформации пластов почвы на большую глубину. Отличительными особенностями используемых чизельных лап является возможность их различной расстановки на раме орудия при ширине захвата 4 м. В зависимости от мощности двигателя трактора и его тягово-сцепных свойств, заданной дозы внесения удобрений, на орудии могут быть установлены 5 или 6 лап с различной шириной междуследий стоек в поперечном направлении $M = 680$ и 890 мм, а также имеется возможность использовать чизельные лапы с плоскорезными открылками: малыми – шириной захвата $b = 325$ мм и большими – шириной захвата $b = 800$ мм.

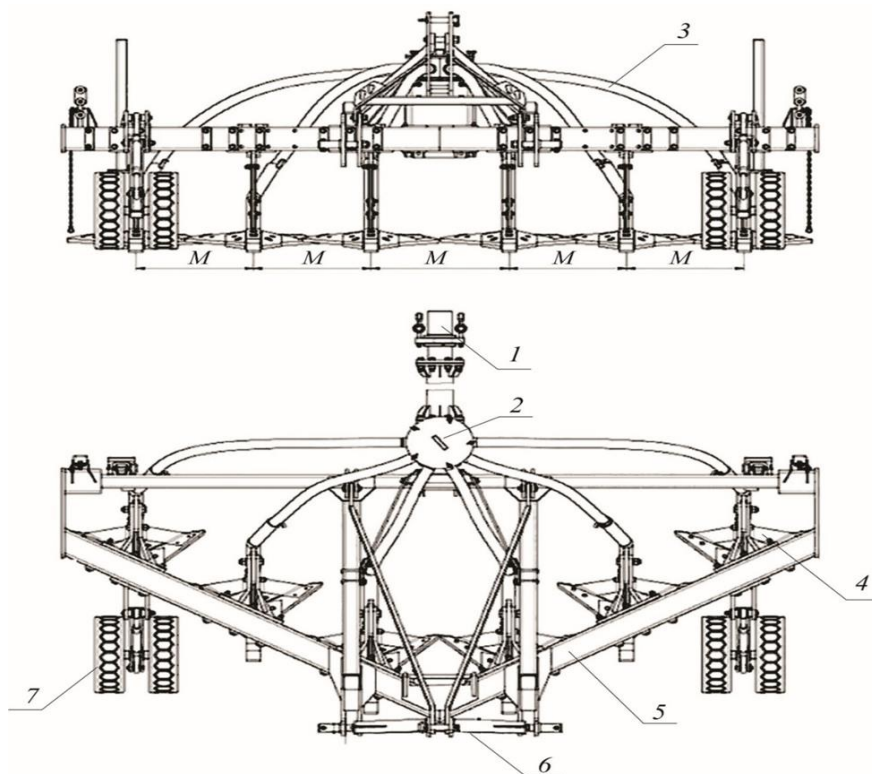


Рисунок 1 – Общий вид чизельного глубокорыхлителя для внутрипочвенного внесения жидкого навоза:

1 – шланговая магистраль; 2 – распределительный узел жидких органических удобрений; 3 – распределительные шланги; 4 – рама; 5 – чизельные рабочие органы; 6 – навесное устройство; 7 – опорные колеса

При помощи чизельных лап происходит рыхление слежавшегося уплотненного пласта почвы. В основе технологического процесса чизельных лап лежит резание почвы клином с плоской рабочей поверхностью, сводящееся к разрушению почвенного пласта путем сдвига (скалывания) на куски (стружку) трапецеидальной формы (рисунок 2). Распространение деформации почвы в стороны в поперечно-вертикальной плоскости ограничивается предельной глубиной обработки h_K , называемой критической. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается смятием почвы в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном направлении, поэтому увеличение глубины а установки чизельных лап больше критической глубины h_K нецелесообразно как с точки зрения увеличения поперечного сечения разрыхляемых пластов почвы, так и с учетом повышенного тягового сопротивления машины. Основным агротехническим требованием при внутрипочвенном внесении ЖОУ является их полная инфильтрация в почву без

остатка на поверхности. Предполагая, что объем зоны рыхления лап равен объему ЖОУ, можно рассчитать их расход через шланговую магистраль, распределительный узел и n рабочих органов.

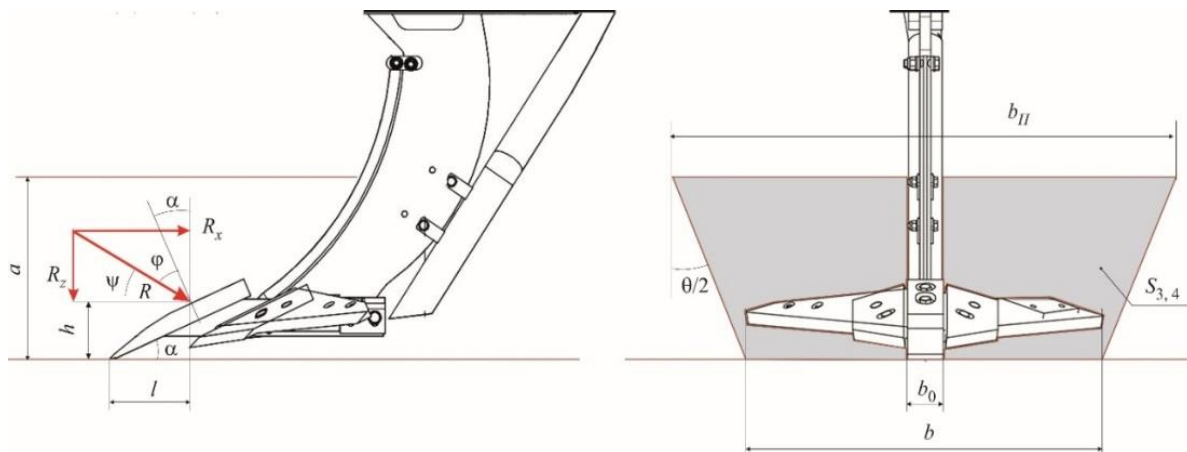


Рисунок 2 – Поперечные и продольные зоны деформации почвы чизельной лапой

В продольно-вертикальной плоскости реакции сил сопротивления почвы, действующие на чизельную лапу, приводятся к равнодействующей R_{xz} . Вертикальная проекция этой силы R_z характеризует способность лапы к заглублению в почву, а горизонтальная проекция R_x – тяговое сопротивление рабочего органа. Направление и точка приложения равнодействующей силы R_{xz} определяются для чизельных лап углом ψ и плечами l и h относительно носка лапы.

Глубокое внутрпочвенное внесение ЖОУ сопряжено с большими энергозатратами и использованием тракторов большой мощности. В связи с этим целесообразно произвести оценку затрат энергии при использовании таких технологий. Система уравнений равновесия машины в продольно-вертикальной плоскости xOz имеет вид системы уравнений представленной в теоретической модели.

Теоретическая модель расчета агрегата:

$$h_k = \frac{b_0 \left[0,1 \frac{P}{\sigma_{or}} (1 + 3 \operatorname{tg} \psi) \right] - 2,5}{4,2 + \operatorname{ctg} \alpha} \quad (1)$$

где b_0 – ширина долота, см; p – сопротивление почвы смятию (твердость почвы), МПа; σ_{OT} – временное сопротивление почвы отрыву, МПа; α – угол резания, °; ψ – угол наклона равнодействующей силы сопротивления почвы к горизонту, ° (рис. 2).

Площадь поперечного сечения пласта разрыхляемой почвы в виде трапеции может быть определена по формулам:

- для лап 3 и 4 (рисунок 2)

$$S_{3,4} = (b + b_{II})a / 2, \text{ м}^2. \quad (2)$$

- для лап 1, 2, 5, 6 (рисунок 3)

$$S_{1,2,5,6} = Ma, \text{ м}^2, \quad (3)$$

где M – междуследие (расстояние между лапами), м.

Рассматриваемые инжекторы жидкого навоза – чизельные лапы имеют значительное тяговое сопротивление и создают большие неровности на поверхности почвы, что требует дополнительных операций предпосевной подготовки, кроме того, высеваемые семена сидератов требуют заделки в почву, поэтому выполняется прикатывание.

На рисунке 3 представлена схема определения поперечной площади рыхления при резании почвы двумя чизельными лапами.

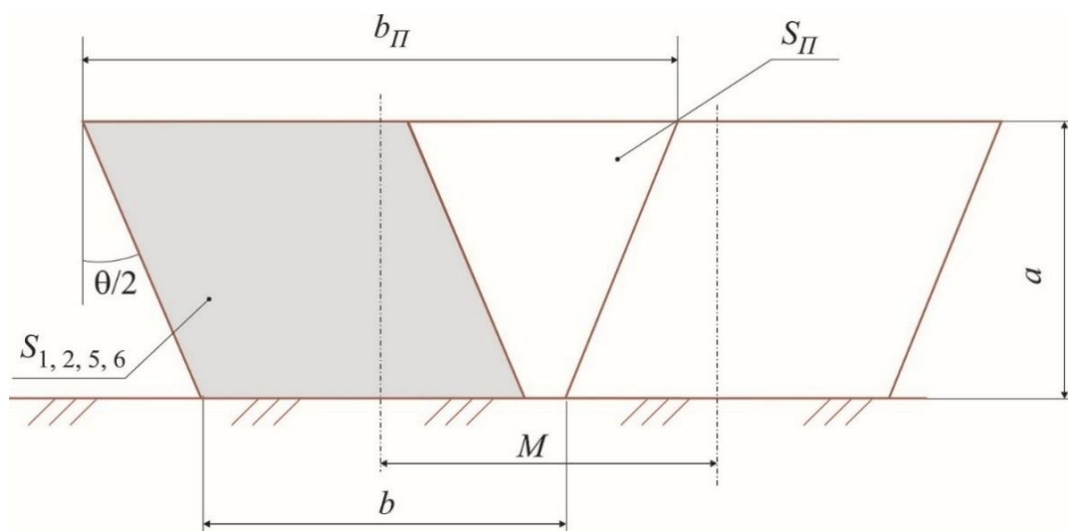


Рисунок 3 – Схема определения поперечной площади рыхления при резании почвы двумя чизельными лапами

Координаты точки приложения равнодействующей сил сопротивления почвы на лапе равны

$$\begin{cases} h = (0,3 \dots 0,5)a; \\ l = 0,5b. \end{cases} \quad (4)$$

Суммарное тяговое сопротивление чизельных лап может быть рассчитано по формуле

$$R_x = \sum_{i=1}^6 k_{\Pi} S_i + \varepsilon S_i v^2, \quad (5)$$

где k_{Π} – удельное сопротивление почвы, кПа; S_i – площадь поперечного сечения взрыхленной части пласта i -й лапой, м²; ε – коэффициент (кН·с²/м⁴), учитывающий рабочую скорость v , м/с.

Для численного решения данной системы уравнений составлена программа в виде электронной таблицы для Microsoft Excel.

В третьей главе «Программа и методика исследования процессов технологии средств механизации внутрипочвенного внесения удобрений и посева сидератов» представлены объекты экспериментальных исследований, описана программа и методика исследования процессов технологии средств механизации внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и прикатыванием.

По разработанной технологии внутрипочвенного внесения жидкого навоза с одновременным посевом сидеральной культуры было изготовлено опытное комбинированное орудие для глубокого внесения в почву ЖОУ с одновременным посевом семян сидеральных культур (рисунок 4).



Рисунок 4 – Опытный образец комбинированного агрегата для одновременного внесения жидкого навоза через шланговую систему и посева сидератов (вид сбоку)

Лабораторно-полевые испытания проводились на полях ЗАО «Тропарево», Можайского района Московской области при внесении жидкого несепарированного свиного навоза. Закладка опыта, учеты и наблюдения проведены в соответствии с требованиями методики полевого опыта, дисперсионный анализ полученных данных проведен по Б. А. Доспехову (Методика полевого опыта, 1985), обработка методами математического и статистического анализа. Глубину обработки почвы измеряли рыхлителями по следу прохода стоек рабочих органов в 50 точках с интервалом 1 м при прямом и обратном ходах агрегата. Погрешность измерений ± 1 см. Количество вносимых ЖОУ оценивалось по показаниям Электромагнитного расходомера ОРТIFLUX 2100 DN150/6"PN 16 EN 1092-1 с выносным дисплеем.

В четвертой главе «Лабораторно-полевые исследования комбинированного агрегата и технологии внутрипочвенного внесения ЖОУ с посевом сидератов» рассмотрены результаты экспериментальных исследований.

Анализ испытаний (рисунки 5 и 6) разработанного комбинированного агрегата при внесении жидкого свиного навоза показывает, что при увеличении

скорости v движения агрегата в два раза (с 0,4 до 0,8 м/с) производительность за час чистого времени W прямо пропорционально растет, а объемный q и массовый q_m расходы жидкого навоза через шланговую гидросистему незначительно снижаются (на 6...8 %).

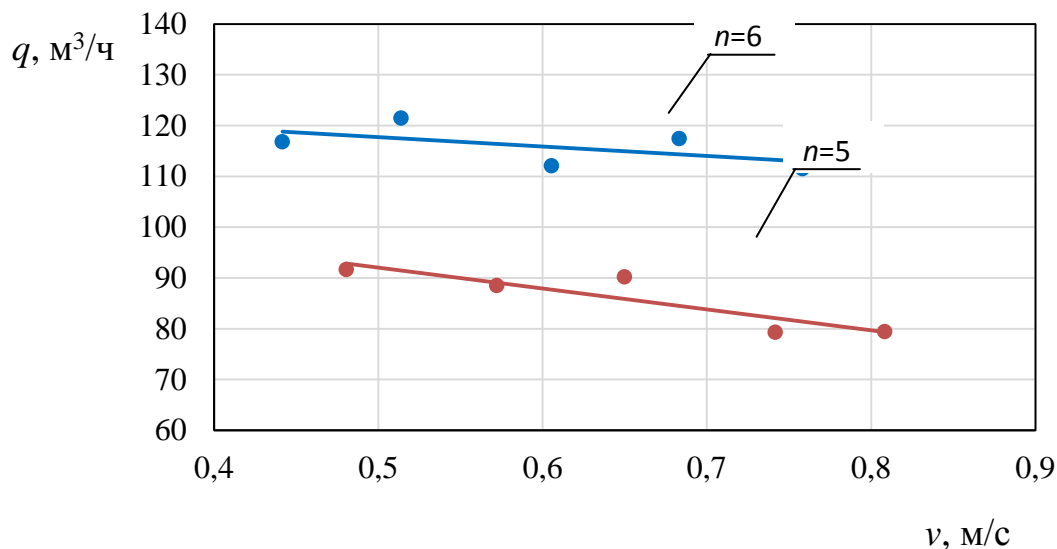


Рисунок 5 – Зависимости расхода (q , $\text{м}^3/\text{ч}$) жидкого навоза от скорости (v , $\text{м}/\text{с}$) агрегата

Для глубокорыхлителя с максимальной шириной захвата 4,55 м с шестью чизельными лапами шириной захвата 0,8 м (с открьлками), при увеличении скорости движения трактора с 0,44 до 0,76 м/с, норма внесения жидкого навоза снижалась с 160 до 89 т/га. Для глубокорыхлителя с минимальной шириной захвата 3,98 м с пятью чизельными лапами шириной захвата 0,435 м (без открьлков) при увеличении скорости движения трактора с 0,48 до 0,81 м/с, норма внесения жидкого навоза снижалась с 132 до 68 т/га.

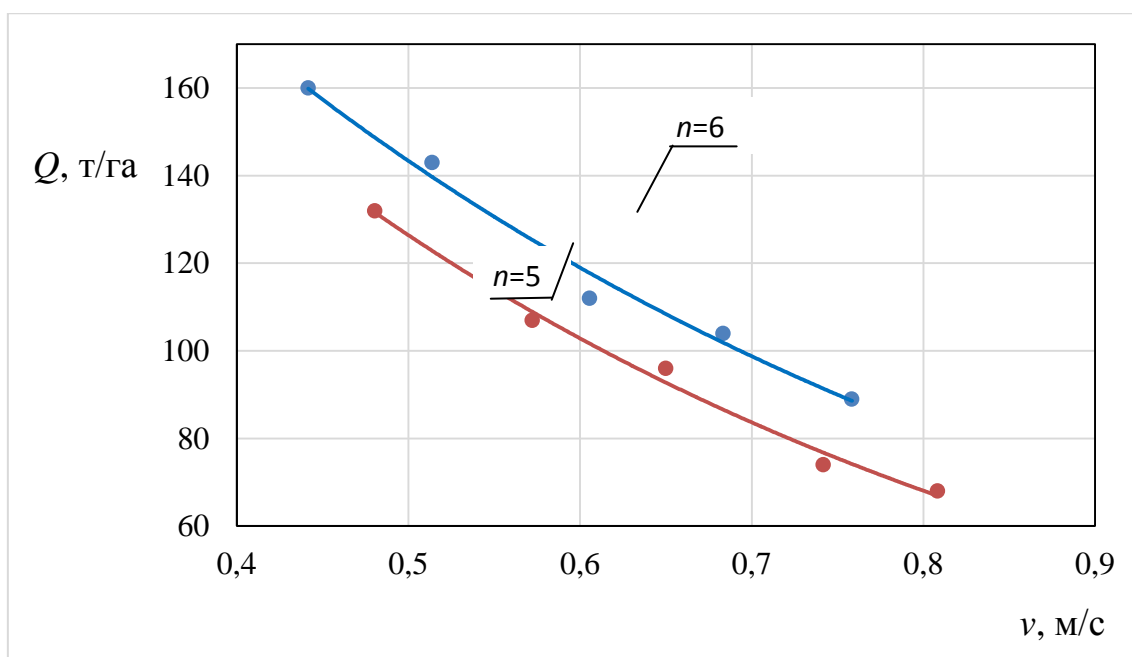


Рисунок 6 – Зависимости погектарной нормы (Q , т/га) внесения жидкого навоза от скорости (v , м/с) агрегата

В пятой главе «Технико-экономическая оценка эффективности технологии комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ с посевом сидератов» приведены расчеты и технико-экономические показатели технологии внутрипочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и прикатыванием. Показан экономический эффект от внедрения данных мероприятий. Разработанная технология и агрегат внесения ЖОУ имеют более высокий коэффициент экологической безопасности и обеспечивают экологический эффект в 2,33 больше, чем при используемой ранее технологии в хозяйстве, сокращает удельные затраты по сохранению питательных элементов, с учетом потерь с 2,72 до 1,53 тыс. руб./т.

Заключение

1. Установлено, что для повышения урожайности, производительности труда и снижению нагрузки на окружающую среду, наиболее рациональным и экологически безопасным является глубокое внутрипочвенное внесение ЖОУ с одновременным высевам сидеральных культур.

2. Разработана математическая модель для аналитического расчета сил, действующих на глубокорыхлитель и доз внесения ЖОУ в зависимости от

удельного сопротивления почвы, глубины и скорости обработки, геометрических параметров конструкции орудия, использование которой позволило определить основы конструкции комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ.

3. Разработанный комбинированный агрегат позволяет обеспечить выполнение следующих технологических операций: внутрипочвенное внесение ЖОУ; высев семян сидеральных растений; прикатывание обработанной поверхности поля и посевов. Установлено, что при внутрипочвенном внесении ЖОУ критическая глубина обработки почвы составляет 36 см при величине угла крошения 25 град.

4. Теоретические исследования при внутрипочвенном внесении ЖОУ показали:

- при удельном сопротивлении почвы $k_{II} = 35$ кПа и скорости $v = 0,6-0,8$ м/с, потребное тяговое усилие трактора составляет $P_x = 70...72$ кН;

- удельная энергоемкость технологического процесса без учета мощности насосной станции для прокачки органического удобрения составит 46...47 кВт*ч/га;

- максимальная доза внесения ЖОУ при использовании глубокорыхлителя в диапазоне рабочих скоростей 0,5...0,8 м/с, имеющего пять рабочих органов с открьлками шириной 0,8 м, составляет 80...90 т/га, с шестью рабочими органами – 110...120 т/га.

5. Установлены зависимости погектарного расхода ЖОУ от конструкционных параметров (ширины захвата и расстановки чизельных лап) и эксплуатационных показателей (скорости агрегата, глубины обработки почвы). Для глубокорыхлителя, имеющего максимальную ширину захвата 4,55 м, укомплектованного шестью чизельными лапами с открьлками шириной захвата 0,8 м, при увеличении скорости движения агрегата с 0,44 до 0,76 м/с, норма внесения ЖОУ снижается с 160 до 89 т/га. Для глубокорыхлителя с минимальной шириной захвата 3,98 м с пятью чизельными лапами шириной захвата 0,435 м без открьлков при работе на скоростях движения в диапазоне

0,48 до 0,81 м/с, при постоянных параметрах шланговой системы (давлении и расходе) норма внесения ЖОУ изменялась в диапазоне от 132 до 68 т/га.

6. Разработанные технология и агрегат внесения ЖОУ имеют более высокий коэффициент экологической безопасности и обеспечивают экологический эффект в 2,33 больше, чем при используемой ранее технологии в хозяйстве, сокращает удельные затраты по сохранению питательных элементов, с учетом потерь с 2,72 до 1,53 тыс. руб./т.

Рекомендации производству

Разработанный агрегат обеспечивает борьбу с сорным компонентом агроценоза, повышение плодородия почвы, урожаев и улучшение качества продукции сельскохозяйственных культур, повышение устойчивости агроэкосистемы, активизацию процессов минерализации внесенного органического вещества, снижение температуры на поверхности почвы для сохранения биоразнообразия почвы.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Семин, В.В. Машины для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 1 (283). – С. 7-10.

2. Семин, В.В. Тягово-энергетический расчет орудия для внутрипочвенного внесения органических удобрений / А.И. Панов, Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4 (69). – С. 158-171.

3. Семин, В.В. Влияние средообразующих факторов на урожайность картофеля / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, М.И. Пехальский, В.В. Семин // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 4-10.

4. Семин, В.В. Внесение жидких органических удобрений посевом сидеральных культур / Н.В. Алдошин, А.И. Панов, А.А. Манохина, В.В. Семин, Н.Д. Козлов, А.М. Леонов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2022. – № 31 (194). – С. 102-111.

5. Семин, В.В. Внутрипочвенное внесение жидких органических удобрений и оценка их доз / А.И. Панов, Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25. – № 2. – С. 28-33.

6. Семин, В.В. Экспериментальные исследования комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения органических удобрений / А.И. Панов, Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – № 2 (115). – С. 97-108.

Патенты

7. Патент на полезную модель 206217 U1 РФ, МПК А01С 23/02 (2006.01). Распределительное устройство для внесения жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2021109725; заявл. 08.04.2021. – опубл. 31.08.2021. Бюл. № 25.

8. Патент на полезную модель 207487 U1 РФ, МПК А01С 23/00 (2006.01). Устройство для внесения жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2021115225; заявл. 27.05.2021. – опубл. 29.10.2021. Бюл. № 31.

9. Патент на полезную модель 208134 U1 РФ, МПК А01С 3/06 (2006.01). Устройство для внесения несепаарированных жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.А. Манохина, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2021115226; заявл. 27.05.2021. – опубл. 06.12.2021. Бюл. № 34.

10. Патент на промышленный образец 126499 RU РФ, МКПО 15-03. Транспортировщик шлангов / М.В. Леонов, Н.Л. Кочановский, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ООО «Машиностроительный завод «ПОТОК» // № 2021500003; заявл. 04.01.2021. – опубл. 26.07.2021. Бюл. № 8.

11. Патент на промышленный образец 126760 RU РФ, МКПО 15-03. Миксер лагунный / М.В. Леонов, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ООО «Машиностроительный завод «ПОТОК» // № 2021500002; заявл. 04.01.2021. – опубл. 06.08.2021. Бюл. № 8.

12. Патент на промышленный образец 126847 RU РФ, МКПО 15-02. Станция насосная дизельная / М.В. Леонов, А.В. Самусевич, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ООО «Машиностроительный завод «ПОТОК» // № 2021500004; заявл. 04.01.2021. – опубл. 11.08.2021. Бюл. № 8.

13. Патент на промышленный образец 126757, МКПО 15-03, МКПО 15-02. Помпа лагунная / М.В. Леонов, Н.Л. Кочановский, А.В. Дубчинский, В.В. Семин, заявитель и патентообладатель ООО «Машиностроительный завод «ПОТОК» // № 2021500001; заявл. 04.01.2021. – опубл. 06.08.2021 Бюл. № 8.

14. Патент на полезную модель 215121 U1 РФ, МПК А01С 23/02 (2006.01), А01В 49/06 (2006.01). Комбинированный дисковый почвообрабатывающий агрегат для экранного внесения жидких органических удобрений / Н.В. Алдошин, А.С. Цыгуткин, В.В. Семин, Н.А. Лылин, А.М. Леонов, Н.Д. Козлов, С.А. Овсянников, Л.И. Высочкина, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2022120152; заявл. 22.07.2022. – опубл. 29.11.2022. Бюл. № 34.

В сборниках научных трудов и материалах конференций

15. Семин, В.В. Внутрипочвенное внесение жидких органических удобрений при помощи шланговой системы / Н.В. Алдошин, В.Г. Евдокимов, В.В. Семин // В сборнике: Доклады ТСХА. – 2021. – С. 246-248.

16. Семин, В.В. Инновационные технологии и средства внутрисочвенного внесения жидких органических удобрений / А.А. Манохина, В.В. Семин // В сборнике: Студенческая наука к юбилею вуза. Сборник научных трудов по материалам 50-ой научно-практической конференции студентов и молодых ученых. – Тверь. – 2022. – С. 282-284.

17. Семин, В.В. Перспективы и пути обогащения наноразмерными эссенциальными элементами картофеля при выращивании продукции повышенной пищевой ценности / Н.В. Воронов, О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина, В.Б. Сапунов, М.И. Пехальский, В.В. Семин // Здоровье - основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. – 2022. – Т. 17. – № 3. – С. 1384-1390.

18. Семин, В.В. Энергетическая эффективность работы агрегата для внутрисочвенного внесения жидких органических удобрений / А.А. Манохина, В.В. Семин // «Студенческая наука». Сборник научных трудов по материалам 51-ой научно-практической конференции студентов и молодых ученых 14-16 марта 2023 г. – Тверь: ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, 2023. – С. 277-280.