

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Манохина Александра Анатольевна

Москва – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ВЫБОР ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	12
1.1. Анализ состояния технологий и средств механизации для внесения жидких органических удобрений в почву	12
1.2. Обзор и анализ конструкций шланговых систем транспортировки и внесения органических удобрений, почвообрабатывающих и посевных машин	17
1.3. Конструкции рабочих органов глубокорыхлителей	23
1.4. Анализ конструкции посевных машин для посева сидератов	29
Выводы по главе	37
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА	40
2.1. Тягово-энергетический расчет орудия для внутрипочвенного внесения органических удобрений.....	40
2.2. Прочностные расчеты сопряжений машин в едином агрегате.....	47
2.3. Математическая модель процесса внесения жидких органических удобрений в почву	51
2.4. Теоретические зависимости параметров, характеризующих агротехнические и энергетические показатели работы машинно-тракторного агрегата.....	60
2.5. Обоснование технологии одновременного внесения жидких органических удобрений и посева сидеральных культур.....	65
Выводы по главе	69
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ВЫСЕВА СИДЕРАТОВ	74
3.1. Условия проведения исследований	74
3.2. Описание конструкции рабочих органов комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений	74
3.3. Программа исследований	77
3.4. Общая методика экспериментальных исследований.....	79
3.5. Разработка методики агротехнической оценки комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения удобрений и посева сидеральной культуры	94
Выводы по главе	105

ГЛАВА 4. ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА И ТЕХНОЛОГИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С ПОСЕВОМ СИДЕРАТОВ.....	106
4.1. Лабораторно-полевые исследования комбинированного агрегата и технологии внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений..	106
4.2. Распределительное устройство для внесения жидких органических удобрений	108
4.3. Устройство для внесения жидких органических удобрений	111
4.4. Устройство для внесения несепазированных жидких органических удобрений.....	115
Выводы по главе	118
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С ПОСЕВОМ СИДЕРАТОВ	120
Выводы по главе	121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	122
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	126
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства, согласно Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы (ФНТП), связано не только с использованием новых сортов и гибридов растений, сельскохозяйственной техники и орудий, применением агрохимических средств в достаточном количестве для достижения плановых урожаев с заданными параметрами качества продукции. Сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почв обеспечивает растениям не только оптимальные условия для их роста и развития, но и обеспечивает питательный режим, раскрывая потенциальные способности сорта или гибрида, позволяющие обеспечить сырьем сельское хозяйство, пищевую, комбикормовую и перерабатывающую промышленность [2, 43, 55, 81, 82, 96, 99].

Наиболее полно характеризует уровень плодородия почвы её агрохимическая характеристика. Хорошо известны способы изменения химических, физических и физико-химических свойств почвы, которые, в первую очередь, связаны с применением минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов [1, 14, 15]. Реализация ФНТП неразрывно связана с инновационным развитием отрасли, созданием и внедрением в агропромышленное производство новых сортов растений, пород животных, инновационных технологий, в том числе цифровых и информационных, высокопроизводительной и интеллектуальной сельскохозяйственной техники.

Органическое вещество почвы, представленное гуминовыми и фульвокислотами, негидролизуемым остатком (гумином), растительными остатками, отходами животных, насекомых и микрофлоры, оказывает прямое и опосредственное влияние на все режимы почвы, формируя среду обитания растений [87, 106, 110]. Доказано, что на гумус, как основную часть органического вещества почвы, оказывают влияние органические и минеральные удобрения, насыщенность севооборотов пропашными

культурами, бобово-злаковыми травами и зернобобовыми культурами, включение в него чистого пара, уровень плодородия почвы, в т.ч. её биологическая активность, наличие и активность штаммов и групп микроорганизмов не только фиксирующих азот атмосферы, но и разлагающих целлюлозу, лигнин и другие химические соединения, попадающие в почву с растительными остатками [104, 105, 133, 136, 139].

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 [29, 91, 93]. Данная технология предусматривает последовательное выполнение операций по основной обработке почвы, предпосевной обработке почвы, посеву сидеральной культуры и ее заделке в почву, что связано с высокими энерго- и трудозатратами, требует применения большого количества техники, растягиванием работ во времени. Объединение и одновременное выполнение ряда технологических процессов позволяет получить максимальный эффект и сократить энерго- и трудозатраты при их выполнении. Одновременное внесение органических удобрений и использование сидератов с целью расширенного воспроизводства плодородия почвы и ее обогащения органическим веществом, дает возможность устойчивого получения сельскохозяйственной продукции [94, 102, 147].

Важной проблемой, которая требует срочного решения, является использование жидких и полужидких органических удобрений. При наличии огромного выбора машин для транспортирования и внесения жидких удобрений разными способами, возрастают себестоимость работ и нагрузка на окружающую среду из-за больших потерь питательных элементов, в следствие не адаптированности машин и недостаточно отработанного применения технологий для условий конкретного хозяйства.

В зависимости от вида технологии, существуют следующие виды внесения жидких органических удобрений (ЖОУ), таких как поверхностное;

внутрипочвенное; сплошное; ленточное и локальное. Наиболее высокая производительность применяемой техники отмечена при технологии поверхностного внесения разбрызгиванием. Но, ее существенные недостатки: более 25% удобрений неравномерно распределяются по поверхности почвы, а также высокие потери азота вследствие испарения его в атмосферу либо поверхностного смыва, что может привести к возникновению экологических проблем.

Наиболее эффективным и экологически безопасным технологическим приемом внесения ЖОУ является мало изученное внутрипочвенное внесение с более высокой равномерностью, которое может предотвратить заражение почвы патогенными организмами и в 7-10 раз удержать находящиеся в удобрении биогенные элементы, в том числе аммонийный азот, чем способствовать сохранению окружающей среды. Посев сидеральных культур можно производить пневматическими сеялками. Точное дозирование у таких сеялок, осуществляется с помощью высевающего вала. Мелкий посев сидеральных культур на небольшую глубину, осуществляемый посредством шлангов и отбойных щитков, позволяет получить равномерную укладку семян.

Для этого необходимы новые подходы к инженерному обеспечению биологизации земледелия. Возникает достаточно большой круг вопросов, направленных на создание новых технологий и технических средств механизации возделывания сельскохозяйственных культур. В связи с этим целью нашей работы является: разработка технологии и комбинированного орудия для повышения плодородия почвы при внутрипочвенном внесении ЖОУ.

Соискателем на базе РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева, на кафедре сельскохозяйственных машин предлагается технология совмещения внесения ЖОУ под почвенный покров 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 внутripочвенного внесения ЖОУ, и посева сидеральных культур.

5. Дать технико-экономическую оценку предлагаемого агрегата.

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

Предмет исследований: теоретические и экспериментальные закономерности изменения технологических параметров, процессов возделывания, по использованию комбинированного агрегата для внутripочвенного 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 внутripочвенного внесения ЖОУ, обеспечивающего экологически безопасное применение больших доз ЖОУ при глубоком внутripочвенном их внесении с одновременным высевом сидеральных культур.

Новизна технических решений была подтверждена несколькими патентами на полезную модель № 206217 (Приложение А), 207487 (Приложение Б), 208134 (Приложение В), 215121 (Приложение Г) и патентами на промышленный образец № 126499 (Приложение Д), 126760 (Приложение Е), 126847 (Приложение Ж), 126757 (Приложение И).

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

Практическая значимость. На основании проведенных исследований усовершенствована технология внутripочвенного внесения ЖОУ с

одновременным посевом сидеральных культур, разработан комбинированный агрегат для внутрисочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и их прикатыванием.

Практическая значимость исследования для производства заключается в агрономическом обосновании технологических процессов механизированного внутрисочвенного внесения ЖОУ с одновременным посевом сидеральных культур и их прикатыванием.

Реализация результатов исследования предусматривает решение следующих технологических задач:

1. внутрисочвенное 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 внутрисочвенного 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 открывков 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 проверены 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 (Приложение К и Л).

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.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ВЫБОР ПРИОРИТЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

1.1. Анализ состояния технологий и средств механизации для внесения жидких органических удобрений в почву

АПК России взял курс на цифровизацию, роботизацию и экологизацию сельскохозяйственного производства [19, 31, 38, 43, 56, 58, 59].

Еще на заре цивилизации человеком была открыта возможность применения отходов животноводства для применения в качестве удобрения для растений, которая доказала свою эффективность за столетия практического использования. При этом почва получает для роста растений не только большое количество наиболее важных питательных веществ, органики, но и микроэлементов. Поэтому нет необходимости спорить о важности применения удобрения такого типа.

К сожалению, имеются определенные недостатки у использования жидкой фракции навоза в качестве удобрения, как после сепарирования, так и неразделенного на фракции. В первую очередь, это связано с большими объемами удобрения, что усложнено доставкой его к месту назначения после откачки из резервуара хранения, транспортировки до поля и равномерного распределения. Все это осложнено приобретением специальной техники и своеобразными неприятными запахами. Особенно это касается рабочих органов для внесения жидких органических удобрений с доставкой питательных веществ в почву.

Для повышения эффективности сельскохозяйственного производства с сохранением экологии производителю необходимо добросовестно подойти к выбору способа внесения органических удобрений [63-68, 98, 100, 103, 113, 114, 115, 117, 118, 136].

Для этого в первую очередь производитель должен собрать данные по следующим природным и экономическим условиям хозяйственного поля:

- место расположения животноводческого предприятия, его размеры, вид;

- необходимая потребность в орошении и средства для орошения с учетом наличия в хозяйстве источника поливной воды;

- ландшафт, форма и размеры сельскохозяйственной полезной площади;

- применяемые в хозяйстве виды севооборотов;

- транспортно-технические, водохозяйственные и агрикультурные возможности хозяйственного производства.

Учитывая выше указанные условия можно организовать в хозяйстве эффективное использование капиталовложений с высокой производительностью труда при относительно низких эксплуатационных затратах и рациональном использовании питательных свойств ЖОУ при минимальном негативном воздействии на окружающую среду [15].

В зависимости от вида применяемых элементов технологии, существуют следующие виды внесения жидких органических удобрений, таких как поверхностное; внутрпочвенное (рисунок 1.1); сплошное; ленточное и локальное.

Наиболее высокая производительность применяемой техники отмечена при технологии поверхностного внесения разбрызгиванием. Но, ее существенные недостатки: более 25% разбрызгиваемых удобрений неравномерно распределяются по поверхности почвы, а также высокие потери азота вследствие испарения его в атмосферу либо поверхностного смыва, что может привести к возникновению экологических проблем.

В результате неравномерного внесения получается пестрота в распределении удобрений, неравномерное воздействие на почву, в следствии чего происходят не синхронные всхожесть, рост и развитие растений, полосное их полежание при достаточном и избыточном увлажнении [15]. Всё это, в конечном итоге, приводит к снижению продуктивности и качества урожая. Причем заделка удобрений пахотным агрегатом не может

обеспечить достаточно равномерное распределение удобрения по профилю почвы.

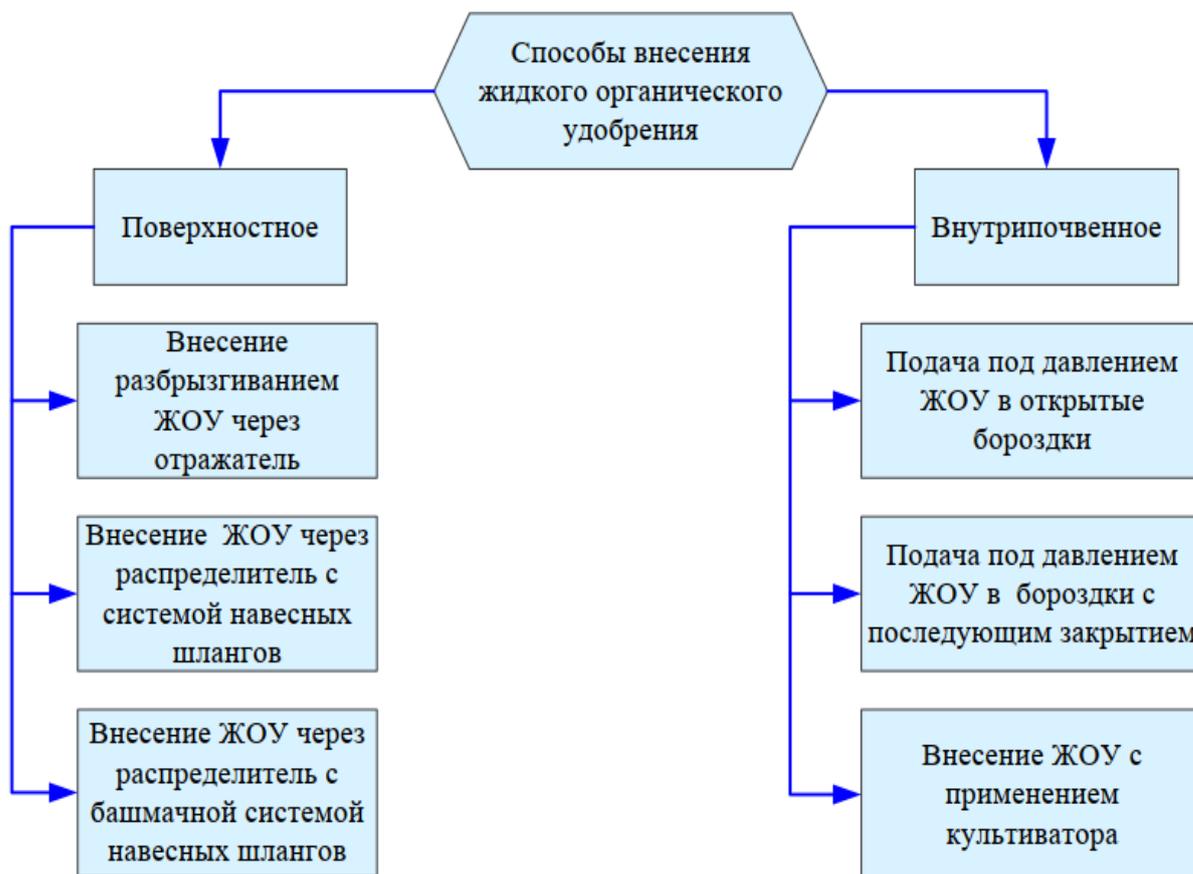


Рисунок 1.1 - Способы внесения ЖОУ

Наиболее эффективный и экологически безопасный технологический прием внесения жидких органических удобрений - внесение под слой почвы с более высокой равномерностью, которое может предотвратить заражение почвы гельминтами, патогенными организмами и в 7-10 раз удержать находящиеся в удобрении биогенные элементы, в том числе аммонийный азот, чем способствовать сохранению окружающей среды.

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. [3, 5, 6, 46, 95].

В России и за Рубежом широко проводятся исследования различных методов и технических средств для более рационального внесения ЖОУ, особенно глубоко учёные изучают вероятность нанесения вреда экологии, в частности из-за эмиссии аммиака. Основываясь на анализе современных исследований, ученые составляют рекомендации, в которых представлены экономические и экологические оценки различной техники по уровню выбросов аммиака. Исследователи применяют теоретические и экспериментальные способы измерений выбросов в атмосферу, в том числе вредных, при внесении ЖОУ [15].

Основные операции технологии внесения ЖОУ: погрузка ЖОУ, транспортирование, внесение и, при поверхностном внесении, заделка в почву [15].

Технологию транспортировки, также, как и внесения ЖОУ можно выполнить по одному из вариантов: прямоточный; перегрузочный; перевалочный; комбинированный.

Выбор технологии и средств механизации для внесения ЖОУ осуществляют в зависимости от возможностей конкретного хозяйства: природно-климатических, дорожно-транспортных и санитарно-гигиенических условий.

При прямоточной технологии гомогенизированные (переработанные) в навозохранилище удобрения выгружают из хранилищ в цистерну, транспортируют в агрегате для внесения ЖОУ непосредственно к месту для внесения в поле и сразу вносят.

При перегрузочной технологии гомогенизированные (переработанные) в навозохранилище удобрения выгружают из прифермских хранилищ в крупнотоннажные транспортные средства, перевозят на поле к месту внесения, перекачивают в полевые агрегаты, которыми вносят в почву.

Перегрузочную технологию применяют при низкой несущей способности почвы, возможных ограничениях по деформации поверхностного слоя почвы, расстояния от навозохранилища до поля более 5

км, наличия в хозяйстве большегрузных транспортных средств и особых требований к способу внесения (например, внутрпочвенное внесение либо подкормка пропашных культур).

Перевалочная технология включает больше технологических операций, связанных с регулярной транспортировкой удобрений из навозохранилищ при ферме в специальные хранилища на краях поля в течение года. Удобрения по механическому составу включений приготавливают в навозохранилище при животноводческой ферме согласно требованиям трубопроводного транспорта; производят забор и подачу удобрений в трубопровод или в большегрузные транспортные средства к полевым хранилищам; где происходит гомогенизация удобрения; разгружают полевые хранилища в агротехнические сроки в цистерны-разбрасыватели и распределяют по полю.

Перевалочную технологию применяют в хозяйствах с расстоянием 5...7 км от навозохранилищ до поля. Технология предпочтительна при малых объемах прифермских навозохранилищ, сокращения сроков разбрасывания удобрений, например, в соответствии с изменившимся метеорологическим прогнозом, а также с целью улучшения санитарно-гигиенического состояния на территории. Заранее рассчитывают количество и емкость полевых навозохранилищ исходя из предполагаемой массы образуемого навоза. Их размещают вблизи от дорог, и, поблизости от предполагаемых для внесения удобрений полей, чтобы в среднем расстояние не превышало 2 км. Трубопроводный транспорт может быть заменен на мобильные машины для транспортировки в полевые навозохранилища.

При комбинированной технологии удобрения готовят в навозохранилище; перекачивают к полевым гидрантам по трубопроводным системам; заправляют емкости разбрасывателей-машин для внесения через заправочные гидранты; перевозят к месту внесения; гомогенизируют навозную массу в емкости разбрасывателя; разбрасывают по полю; промывают водой трубопроводную сеть [13].

1.2. Обзор и анализ конструкций шланговых систем транспортировки и внесения органических удобрений, почвообрабатывающих и посевных машин

Выбор технологии внесения ЖОУ и соответствующего комплекса машин, как показывает анализ существующих вариантов шланговых систем транспортировки, качество и объем внесения органических удобрений почвообрабатывающих и посевных машин зависит от объема, влажности и расстояния до поля.

Таким образом, комбинированную технологию рекомендуется применять при влажности навоза не ниже 94%, годовой выход удобрений не менее 25 тыс. м³ и удалении удобряемых полей от фермы более 7 км. При комбинированной технологии необходимо предусмотреть отрядную систему работы мобильных цистерн для внесения ЖОУ [13].

Наличие передвижного заправочного гидранта позволяет снизить затраты на транспортирование, что позволяет более эффективно использовать мобильные машины для внесения малой грузоподъемности. На магистральном трубопроводе в зоне внесения навоза целесообразно установить раздаточные колонки или стояки для подключения мобильных заправочных гидрантов с интервалом 0,5...1,0 км. Применение заправочных колонок и гидрантов будет рациональным при внесении в осеннее - весенний период (при температуре не ниже – 5°С) [13, 15].

Все известные варианты внесения ЖОУ имеют как преимущества, так и недостатки [15].

Поверхностное внесение разбрызгиванием (рис. 1.2, 1.3) жидкого органического удобрения с помощью отражателя определяется как распределение удобрения по поверхности почвы. Выбросы аммиака при этом способе, выраженные в процентах от общего аммонийного азота (ОАА), как правило, находятся в пределах 40-60%, имеет высокую не равномерность внесения, существует вероятность смыва удобрения в водоемы [15].



Рисунок 1.2 - Поверхностное внесение ЖОУ разбрызгиванием

Обычно рабочая ширина захвата составляет от 6 до 12 метров, но также существуют машины, имеющие ширину захвата более 24 метров. Расстояние между шлангами составляет 250-350 мм [15].

Из-за большой ширины захвата способ не подходит для маленького, неправильной формы или имеющего крутой склон поля.



Рисунок 1.3 - Поверхностное внесение ЖОУ через распределитель с системой навесных шлангов

На рис. 1.4 показано поверхностное внесение ЖОУ через распределитель с башмачной системой навесных шлангов [15]. Этот способ применим, главным образом, к пастбищным и пахотным культурам на ранних стадиях роста или к культурам с большим междурядным расстоянием. Рабочая ширина машины обычно ограничена 6-8 метрами. Данный способ не рекомендуется при выращивании пахотных культур сплошного сева, на которых действие башмака может приводить к

чрезмерному повреждению растений. Эффективность сокращения эмиссии аммиака при использовании способов с башмаками или системой навесных шлангов будет больше в случаях, когда ЖОУ вносится под хорошо развитый растительный покров, а не на открытую почву, так как растительный покров сохраняет удобрение от воздействия ветра и затеняет его от солнечного излучения. В целом, более значительные сокращения эмиссии аммиака обычно отмечается при использовании поверхностного внесения жидкого органического удобрения через распределитель с башмачной системой навесных шлангов, чем при использовании системы навесных шлангов, что, наиболее вероятно, связано с большим загрязнением растительного покрова, возникающим при применении некоторых типов шлангов [15].



Рисунок 1.4 - Поверхностное внесение ЖОУ через распределитель с башмачной системой навесных шлангов

Способ внутрипочвенного внесения ЖОУ под давлением в открытые бороздки (рис. 1.5) предназначен для использования на пастбищах или на пахотных землях с минимальной предпосевной обработкой почвы. При этом ножи различной формы или дисковые сошники прорезают в почве

вертикальные борозды глубиной до 50 мм, для последующего внесения ЖОУ. При этом расстояние между бороздами составляет 200 - 400 мм; рабочая ширина агрегата – 6 м. Норму внесения необходимо отрегулировать так, чтобы излишки ЖОУ не вытекали на поверхность через открытые борозды [15]. Данный способ не применим на участках с каменистой или очень маломощной или уплотненной почвой, где невозможно обеспечить равномерное проникновение на заданную глубину. Не подходят и участки с очень крутым уклоном из-за возможного незапланированного стока ЖОУ из борозд. Системы внесения ЖОУ под давлением более энергоемкие, чем оборудование для поверхностного или ленточного внесения.

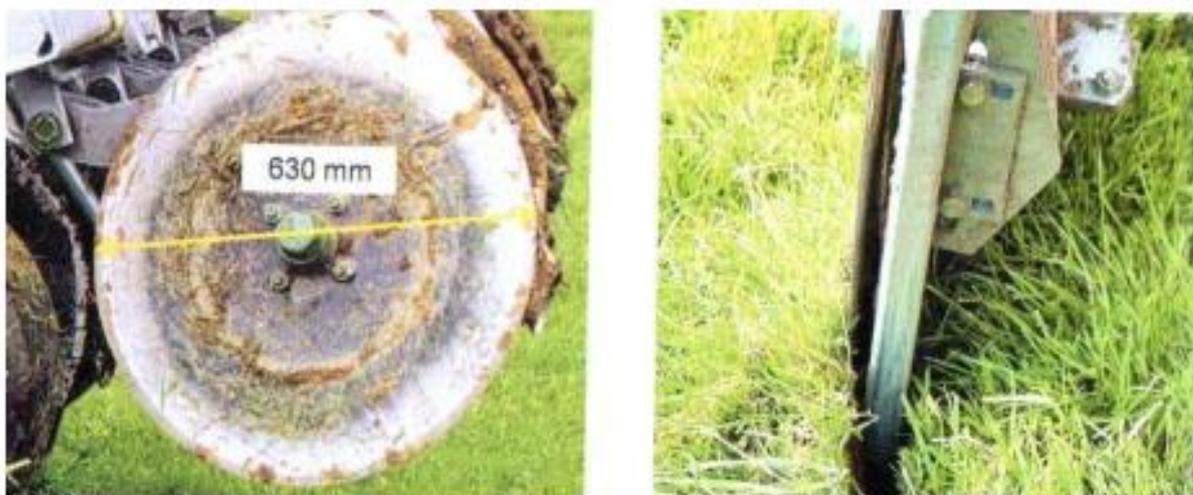


Рисунок 1.5 - Внутрипочвенное внесение под давлением жидкого органического удобрения в открытые бороздки

Способ внесения под давлением жидкого органического удобрения в бороздку с последующим закрытием (рис. 1.6) подразделяется на относительно мелкое (глубина 50-100 мм) или глубокое (150-200 мм) внесение [15]. Более глубокое внесение требуется при больших объемах навоза, чтобы избежать его просачивания на поверхность. Неглубокое внесение в закрытые борозды более эффективно сокращает эмиссию NH_3 по сравнению с внесением в открытые борозды. Чтобы получить эту дополнительную выгоду, тип и состояние почвы должны обеспечивать эффективное закрытие борозд. Поэтому этот метод применяется менее

широко, чем внесение под давлением в открытые борозды. Некоторые машины для глубокого внесения имеют ряд стоек, оснащенных двусторонними отвалами или «гусиными лапами», для заглабления в почву и поперечного распределения жидкого навоза в почве таким образом, чтобы обеспечить относительно высокие нормы внесения [15].



а)



б)



г)

Рисунок 1.6 - Внутрипочвенное внесение жидких комплексных удобрений: а) и б) рабочими органами в виде культиваторных лап; г) поверхностное внесение разбрызгиванием с последующей запашкой

Выбор расстояния между стойками определяется агротехническими показателями и обычно составляет 250-500 мм, рабочая ширина 4 м [15].

Конструкция машины имеет высокую эффективность сокращения эмиссии NH_3 , однако применимость ограничена, главным образом, предпосевным внесением на пахотных землях и внесением под пропашные культуры с широким интервалом между рядами (например, под кукурузу), в

то время как механические повреждения могут снизить урожай трав на пастбищах или твердозерновых полевых культур. Способ ограничен мощностью пахотного слоя, содержанием глины и засоренностью камнями, наличием уклонов, необходимостью тракторов большой мощности и повышенной опасностью вымывания, особенно на почвах с закрытой дренажной системой [15].

Заделка поверхностно внесенных ЖОУ в почву с помощью запахивания или неглубокой культивации является эффективным средством уменьшения эмиссии NH_3 . Наибольшая эффективность сокращения достигается при полной заделке удобрения в почву. Запахивание приводит к более высоким сокращениям эмиссии, чем использование других видов техники для неглубокой культивации. Такая конструкция применима только на пахотных землях. конструкция также менее применима к пахотным культурам, выращиваемым с использованием системы минимальной обработки почвы, по сравнению с культурами, выращиваемыми с использованием более глубоких методов обработки почвы. Конструкция также эффективна для внесения ЖОУ, когда инъекция в закрытые борозды невозможна, не доступна или создает опасность вымывания. Культивация также уменьшает макропоры, которые могут способствовать вымыванию [15].

Потери аммиака происходят вскоре (в течение несколько часов и дней) после разбрасывания ЖОУ по поверхности, поэтому немедленная заделка навоза сразу после разбрасывания способствует значительному сокращению выбросов. При немедленной заделке часто требуется использование второго трактора в агрегате с техникой для заделки ЖОУ, который должен двигаться непосредственно за машиной для внесения. Недостаток способа заделка может производиться только до посева культур. В настоящее время в хозяйствах наибольшее распространение получило поверхностное внесение разбрызгиванием по прямоочной технологии транспортировки, это связано с устаревшим парком машин, состоящим в основном из морально устаревших машин типа РЖТ и МЖТ [15].

Внесение удобрений под почвенный покров является наиболее эффективным и экологически безопасным способом внесения ЖОУ, но данный способ очень мало изучен на применение его в почвенно-климатических условиях Московской области, необходимо провести дополнительные исследования.

1.3. Конструкции рабочих органов глубокорыхлителей

При внутрипочвенном способе внесения ЖОУ основную задачу выполняет глубокорыхлитель, нарезающий в почве глубокие щели до 0,5 м, в которые подают органические удобрения.

Рассмотрим варианты конструкции глубокорыхлителей [41, 51, 60, 61, 62, 89, 109].

На рисунке 1.7 представлен глубокорыхлитель многофункциональный типа GZ, который имеет рабочий орган в виде стойки с возможностью изменения глубины рыхления, что позволяет ему проводить основную обработку почвы до 45 см.

Недостатком данного способа является невозможность достижения одинакового качества выполнения работ на разной глубине обработки.

Одним из возможных способов повышения качества и зоны разрыхления обрабатываемых участков является использование дополнительных деформирующих элементов разной геометрии (рис. 1.8). Такую конструкцию целесообразно использовать при обработке на глубине более 45 см. Так как отрезанный пласт подвергается дополнительному сжатию от деформирующих элементов, а затем растяжению на транспортирующих частях рабочего органа, то есть дополнительно подвергается деформациям сжатия-растяжения, что, по мнению ряда авторов, приводит к более качественному крошению почвенного пласта. Однако недостаточно разработанная теория взаимодействия не позволяет устанавливать рациональные параметры рыхлящих элементов, что при

соответствующем увеличении тягового сопротивления не приводит к улучшению качества разрыхления.



Рисунок 1.7 - Глубококорыхлитель многофункциональный GZ



Рисунок 1.8 - Глубококорыхлитель Cansa KARINCA-500

Для улучшения качества обработки основной обработки почв применяют вибрирующие рабочие органы (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 - Вибрационный разрыхлитель VP 500

Преимуществом данного способа является снижение тягового сопротивления и улучшение степени крошения почвы, однако при этом увеличивается вес конструкции и ее сложность, что значительно усложняет и удорожает орудие. Отметим, что эффект от вибрации снижается не только при повышенной влажности почвы, но и при повышенных скоростях обработки.

Так же известны и находятся в серийном производстве отечественные орудия для глубокой обработки почвы фирм «БашАгромаш», «Агромаш» и многих других (рис. 1.10, 1.11).

Данный чизельный плуг предназначен для проведения вертикального глубокого рыхления с целью разрушения подплужной подошвы, на глубине до 45 см. Оснащен стойками типа «Параплау». Такой плуг имеет ряд недостатков, обусловленных геометрией рабочих органов, которые приподнимают почвенный пласт и немного смещают этот пласт вбок. Однако

данное смещение не обеспечивает качественное разрыхление почвы внутри смещаемого объема. ПЧН-3 не способен в полной мере обеспечить качественную обработку склоновых участков поля из-за стационарного расположения рабочих органов.



Рисунок 1.10 - Плуг чизельный ПЧН-3



Рисунок 1.11 - Чизель-глубокорыхлитель ЧГ-40

Данный чизельный плуг разработан совместно французской фирмой Agrisem и ООО «Краснянское» СП «Агромаш» и предназначен для безотвальной обработки равнинных и склоновых участков поля, способствует разрушению уплотненных нижних слоев и повышает водно-воздушный и питательный режим почвы.

Существующий чизель – глубокорыхлитель работает на глубине до 45 см. Защитная накладка на стойках существенно увеличивает лобовое сопротивление, а форма наральника не позволяет проводить качественное разрыхления почвы на максимальной глубине. Следует отметить, что особенности конструкции рыхлящих элементов не позволяют при работе на склоне создать необходимую конфигурацию устойчивой внутрипочвенной стенки, снижая при этом ее несущую способность за счет подрезания основания.

Для использования выше описанных машин в шланговых системах внесения ЖОУ требуется монтаж на них дополнительного оборудования. Зарубежные производители предлагают готовые технические решения таких машин. В сложившейся ситуации возможность приобретения машин из-за рубежа затруднена. Российские предприятия также занимаются выпуском и реализацией машин для шланговых систем внесения ЖОУ. Примером такой машины является внутрипочвенный инжектор УВВ-СХП-4ГЩ (рис. 1.12).

Данная машина имеет несколько вариантов рабочих органов, что позволяет расширить пределы ее использования как на окультуренных, тщательно разделанных полях, а также пласте многолетних трав, так и на залежных, поросших древесно-кустарниковой растительностью землях при их освоении. При этом навоз будет распределяться на заданную глубину вплоть до 52 см, а зона внесения жидкого навоза одного рабочего органа будет перекрываться зоной внесения соседнего рабочего органа. Иными словами, после прохождения по полю внутрипочвенного инжектора УВВ-СХП-4ГЩ в почве на заданной глубине формируется сплошной горизонт, содержащий внесенный жидкий навоз, мощностью 10-15 см без чередования

обработанных (с внесенной органикой) и необработанных (без органики) полос. Почва, находящаяся выше данного горизонта, при прохождении инжектора дополнительно измельчается, что приводит к разрушению в ней капилляров и препятствию испарения жидкого навоза с поверхности. Исключение составляет работа по пласту многолетних трав, где для предотвращения воздействия на корневую систему растений с рабочих органов снимаются широкие плоскорежущие крылья и устанавливаются кротователи. Переоборудование инжектора в полевых условиях силами двух человек занимает не более одного часа.



Рисунок 1.12 - Внутрипочвенный инжектор УВВ-СХП-4ГЩ

Чаще всего в хозяйствах внутрипочвенный инжектор УВВ-СХП-4ГЩ используется с широкими плоскорежущими крыльями. Конструкция его рабочих органов позволяет работать как на переувлажненных почвах, так и

на пересушенных или имеющих замороженную корку толщиной до 5 см. При работе в данных условиях качество и равномерность внесения жидкой органики существенно не ухудшаются.

Исследования конструкции рабочих органов, разработанных в последние годы последних лет в США и Канаде, уже показали, что при рациональном применении сидератов – зеленых удобрений – можно существенно повысить продуктивность севооборотов и увеличить насыщение их основными культурами без снижения плодородия почв.

Совместное использование для повышения плодородия почв ЖОУ и сидератов позволит достичь максимального эффекта при использовании комбинированного агрегата совмещающего операции внутрпочвенного внесения ЖОУ и посева. Для выбора оптимальной технологической схемы агрегата необходимо провести анализ конструкции машин для посева сидератов [40, 42, 52, 86, 101, 111, 135, 144].

1.4. Анализ конструкции посевных машин для посева сидератов

Пневматическое высеивающее устройство PS M1 (рис. 1.13, табл. 1.1) – это машина для высевания промежуточных культур за один рабочий проход одновременно с обработкой почвы. Пневматическое высеивающее устройство вместимостью от 120 до 1600 л обладает достаточной мощностью и одновременно позволяет экономить деньги при обработке почвы, так как это устройство можно монтировать на культиваторе. С помощью PS M1 можно сеять траву, рапс, все мелкие семена. Так же с помощью специального оснащения можно вносить микрогранулянты и пестициды.

Пневматические высеивающие устройства покрывают практически все случаи применения в современном сельском хозяйстве. Точное дозирование осуществляется с помощью высеивающего вала. Внесение на поверхность почвы при помощи шлангов и отбойных щитков дает равномерную укладку семян сидератов, подсева различных культур, дополнительного посева травы и много другого.



Рисунок 1.13 - Пневматическое высевальное устройство TWIN в работе

Сферы применения у сеялки для подсева трав весьма широки. Модель PS сможет решить несколько задач: подсевать травы для прекрасного укоса, высевать сидеральные травы для снятия напряжения в почвенном слое глубиной более 1 метра и насыщения почвы азотом, возможность внесения микрогранул непосредственно при почвообработке или посадке, внесение пестицидов (табл. 1.1).

С помощью дозирующей катушки с электрическим управлением посевной материал попадает в воздушный канал, куда он по пластмассовым шлангам подается на отбойные щитки под действием электрического вентилятора. Благодаря этому даже при ветре обеспечивается, возможно, точное распределение посевного материала. Электрический вентилятор обеспечивает подачу материала на ширину не более 8 метров.

Сеялки для мелкосемянных трав так же можно дооборудовать гидравлическим приводом, что обеспечит увеличение нормы высева вдвое и позволит работать с шириной захвата до 12 м, желательно при этом сразу

увеличить количество выпускных отверстий с 8 до 16 шт., либо 32-х выходов.

Таблица 1.1 – Технические характеристики агрегата

Технические характеристики	
Ширина захвата:	
с электрической сдвоенной воздуходувкой, 8 выходов	1 - 6 м
с гидравлической воздуходувкой, 8 выходов	1 - 7 м
с гидравлической воздуходувкой, 16 выходов (8 выходов с 8 Y-образными распределителями: можно приобрести как дополнительное оборудование).	1 – 12 м
Размеры одного выхода с Y-образным распределителем:	
Высота	110 см
Ширина	77 см
Длина	100 см
Емкость для посевного материала	Пластмассовый бункер объемом 300 л
Собственный вес элект./гидр	70 кг / 93 кг
Рабочие характеристики	12 В/25 А

Серийный комплект поставки – на выбор с управляющим модулем. Высевающее устройство в сборе со шлангами (25 м). Дозирующее устройство для тонкого высевания, дозирующее устройство для грубого высевания. Мешалка. Все кабели: кабель электропитания длиной 1,5 м от 3-полюсной розетки электропитания к управляющему модулю, кабель электропитания длиной 6 м от управляющего модуля к разбрасывателю. Высевной лоток, опорная пластина 8 отбойных щитков и 4 шт. 6-реберных штанг (для установки отбойных щитков). При наличии гидравлической воздуходувки: Необходимо 1 управляющее устройство простого действия + 1 безнапорная обратная магистраль; Макс. давление: 150 бар, макс. объем масла: 45 л/мин. Вал высевающего устройства, плавно регулирующийся поток посевного материала, дает возможность высевать необходимое количество любого посевного материала. С помощью электрического управляющего модуля процесс высевания можно удобно контролировать и регулировать с места водителя.

Кverneland a-drill (рис. 1.14) – была разработана для более качественного посева сидеральных культур при минимальных затратах. Доступно две модели a-drill – 200 и 500 л.

Каждая из них имеет 8 семяпроводов, на концах которых установлены дефлекторные пластины для равномерного распределения семян по всей ширине захвата почвообрабатывающего орудия. А-drill имеет сменные катушки для высева разных типов культур, а также их смесей.



Рисунок 1.14 - Пневматическая сеялка Kverneland a-drill для высева сидеральных культур одновременно с обработкой почвы культиватором или дисковой бороной

Основные преимущества:

Точность распределения семян и производительность;

Норма высева удобно настраивается и может быть изменена во время работы из кабины трактора;

Экономия посевного материала – более качественная заделка семян;

Устанавливается на прицепные и навесные модели культиваторов и дискаторов;

Удобный доступ к бункеру и простая калибровка дозатора;

СЕ – сертифицированные платформы для загрузки и калибровки a-drill для разных машин.

Сеялка сидератов Frontier FP (табл. 1.2, рис. 1.15) предназначена для обработки задернелых почв с одновременным посевом сидератов. Ширина высевания семян в сеялках больше ширины захвата.

Таблица 1.2 – Технические характеристики Frontier

Frontier	FP 1204	FP 1206	FP 1208	FP 2204	FP 2204P	FP 2206	FP 2208
Тип агрегатирования	навесной				прицепной	навесной	
Ширина захвата, м	1,3	1,9	2,4	1,3		1,9	2,4
Ширина захвата дисковой секции, м	1,06	1,52	2,08	1,06		1,52	2,08
Ширина захвата секции стрелчатых лап, м	1,3	1,93	2,44	1,3		1,93	2,44
Требуемая мощность трактора, кВт	22-36	33-55	44-73	22-37	14-29	33-55	44-74
Требуемая мощность трактора, л.с.	30-50	45-75	60-100	30-50	20-40	45-75	60-100
Количество дисков, шт.	6	8	12	6		8	12
Диаметр дисков, мм	400	450		400		450	
Количество стрелчатых лап, шт.	3	7	9	3		5	
Расстояние между дисками вдоль вала, мм	21	19		21		19	
Сцепка	3х-точечная, кат. I	3х-точечная, кат. I/II		3х-точечная, кат. I	-	3х-точечная, кат. I/II	
Толщина дисков, мм	3	3,5		3		3,5	
Ширина прикапывающих катков, м	1,4	2	2,6	1,1		2	2,6
Ширина разбрасывания, м	1,14	1,8	2,43	1,14		1,8	2,43
Ёмкость бункера, кг	21	28	42	20		48	42
Габаритные размеры и масса							
Длина, мм	1570	1906	1960	1570		1950	
Высота, мм	1090	1040		1090		1040	
Масса, кг	357	502	593	299	330	435	508



Рисунок 1.15 - Frontier – сеялка для посева сидератов

Пневматическая сеялка для сидератов Zoson (рис. 1.16). Минисеялка для установки на различную почвообрабатывающую технику. Сеялка Zoson Prof – это пневматическая сеялка для мелких и крупных семян.

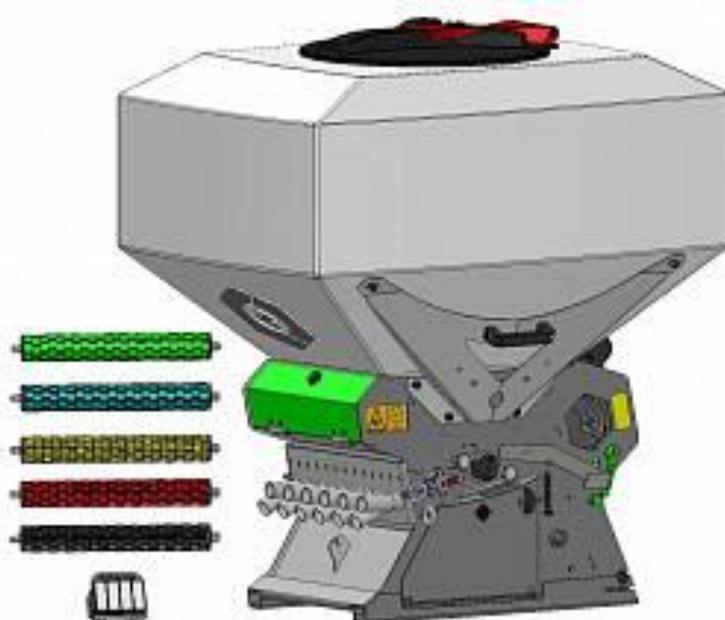


Рисунок 1.16 - Пневматическая сеялка для сидератов Zoson

Пневматические высевающие устройства покрывают практически все случаи применения в современном сельском хозяйстве. Точная дозировка осуществляется с помощью различных высевающих катушек. Внесение на поверхность почвы дает равномерную укладку семян сидератов, подсева различных культур, дополнительного посева травы и многое другое.

Сеялка укомплектована качественными комплектующими. Двигатель дозатора семян со специально разработанными высевающими катушками обеспечивает точный объем семян. Кроме того, сеялка Zoson оснащена встроенным коллектором для быстрой и точной калибровки. Системы быстрой смены сеялки Zoson позволяют за очень короткое время заменять сеялку между различными орудиями.

Сеялка для сидератов UNIA ETA (рис. 1.17) предназначена для посева сидератов, агрегируется с различными почвообрабатывающими агрегатами, дисколаповидными почвообрабатывающими агрегатами, бороной-полольником и с другими машинами.



Рисунок 1.17 - Пневматическая сеялка для сидератов UNIA ETA

Пневматическая сеялка создает дополнительные возможности эффективности в работе. Компьютер управления 5,2 имеет следующие функции: регулирование и контроль посевного вала; электронная регулировка количества посеянных сидератов; функция опорожнения; счетчик гектаров; счетчик количества рабочих часов.

Пневматическая сеялка «Турбо Джет Супер» (рис. 1.18). Дозирующий аппарат с 6 выпускными трубами (DM 30 мм); лакировка (красный); 8 высевающих тарелок (DM 30 мм); 25 м шланга (DM 30 мм); на выбор 130, 200, 300 или 400 литров, бункер с выгравированной шкалой в литрах, герметическая крышка с замком, регулируемый донный клапан; ворошитель; окно для контроля работы высевающего вала; стандартный высевающий вал, металлический высевающий вал, односкоростной мотор высевающего вала с электроприводом [18, 20, 79, 101, 121, 125].



Рисунок 1.18 - Пневматическая сеялка «Турбо Джет Супер»

Блок управления «Профессиональный». Высев зависит от скорости трактора. Бесступенчатая перестановка частоты, оборотов мотора высевающего вала (установка нормы высева). Переключатель тока к пульту управления, выключатель турбин, датчик регулирующий высев, датчик контроля работы высевающего вала, светодиод контроля работы турбины.

При помощи блока управления «Сидер», норма высева не будет зависеть от скорости трактора. Данный блок управления автоматически выполняет и вычисляет все заданные функции. Выдает оператору следующую информацию: – скорость движения трактора в км/ч, актуальная норма высева в кг/га, площадь засеянного участка, при помощи сигналов датчика подъема, регулирует высев, норма высева не зависит от скорости движения, имеет возможность подключения к спутниковой системе позиционирования (GPS), радар, регулирующий скорость, механизм переключения технологической колеи.

Выводы по главе

1. Обзор и анализ технологий и конструкций рабочих органов внесения ЖОУ показали, что научные исследования широко проводятся в России и за рубежом. По технологическим особенностям существуют поверхностное и внутрипочвенное внесение, а также сплошное, ленточное и локальное.

2. Исследования последних лет в США и Канаде уже показали, что при рациональном применении сидератов – зеленых удобрений – можно существенно повысить продуктивность севооборотов и увеличить насыщение их основными культурами без снижения плодородия почв.

3. В настоящее время в хозяйствах наиболее распространено внесение на поверхность почвы с разбрызгиванием по прямоточной технологии транспортировки, это связано с устаревшим парком машин типа РЖТ и МЖТ, имеющимся в хозяйствах.

4. Внесение удобрений под почвенный покров является наиболее эффективным и экологически безопасным способом внесения ЖОУ, но

данный способ очень мало изучен на применение его в почвенно-климатических условиях Московской области, необходимо провести дополнительные исследования.

5. Замена разбрызгивания по поверхности почвы на внесение под слой почвы позволяет снизить: потери биогенных элементов (в 7-10 раз), испарение аммонийного азота в атмосферу, загрязнение окружающей среды, заражение кормовых культур гельминтами, патогенными организмами; улучшает равномерность внесения.

6. Технология внесения ЖОУ включает: погрузку, транспортирование, внесение с заделкой в почву (в случае поверхностного внесения).

7. Комбинированную технологию для внесения ЖОУ выполняют по системе отрядной работы мобильных машин, рекомендуется применять при годовом выходе навоза более 25 тыс. м³ и расстояниях от хранилищ до удобряемых более 7 км.

8. В хозяйствах, использующих внутрпочвенный инжектор УВВ-СХП-4ГЩ используются рабочие органы с широкими плоскорежущими крыльями. Конструкция его рабочих органов позволяет работать как на переувлажненных почвах, так и на пересушенных или имеющих замороженную корку толщиной до 5 см. При работе в данных условиях качество и равномерность внесения жидкой органики существенно не ухудшаются.

9. Совместное использование для повышения плодородия почв ЖОУ и сидератов позволит достичь максимального эффекта при использовании комбинированного агрегата совмещающего операции внутрпочвенного внесения ЖОУ и посева. Для выбора оптимальной технологической схемы агрегата необходимо провести анализ конструкции машин для посева сидератов.

Задачей данного исследования является совмещение в одной конструкции машинно-тракторного агрегата функций по внутрпочвенному внесению ЖОУ и посеву сидеральной культуры. Проект предполагает

разработать конструкцию комбинированного агрегата для внутрпочвенного внесения ЖОУ с одновременным высевом сидеральной культуры. В состав агрегата входят: шланговая система транспортировки ЖОУ; почвообрабатывающая машина, выполняющая рыхление почвы и заделку удобрений; монтируемая сеялка, высевающая сидераты в поверхностный слой. Высеянные сидераты покрывают поверхность почвы, что снижает потери питательных веществ удобрений от испарения. Также это позволяет питательным веществам быстро усваиваться данными культурами, что в свою очередь улучшает экологические показатели.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА

2.1. Тягово-энергетический расчет орудия для внутрипочвенного внесения органических удобрений

Для полной инфильтрации больших доз внесения (100 т/га и более) жидких органических удобрений пласты почвы на значительной глубине обработки должны быть тщательно разрыхлены. Поэтому орудие для внутрипочвенного внесения ЖОУ в качестве рабочих органов целесообразно использовать чизельные лапы с открылками, обеспечивающие максимальные зоны поперечной деформации пластов почвы на большую глубину [6, 84, 89].

Глубокое внутрипочвенное внесение удобрений сопряжено с большими энергозатратами и использованием энергонасыщенных тракторов. В связи с этим целесообразно произвести оценку затрат энергии при использовании таких технологий [100, 107, 112, 113, 116].

Для реализации предложенной технологии разработана машина для внутрипочвенного внесения ЖОУ (рис. 2.1). Технологический процесс работы орудия происходит следующим образом. По шланговой магистрали ЖОУ под давлением от насосной станции поступают к орудию через узел привязки. Далее через дроссель удобрения попадают в распределительное устройство, оснащенное измельчителем. Из него по трубопроводам удобрения подаются к рабочим органам в глубь почвенного пласта. Это обеспечивается за счет разрыхления почвы чизельными лапами. Конструкция орудия защищена тремя патентами [69, 72-75].

При помощи чизельных лап происходит рыхление уплотненного, слежавшегося почвенного горизонта. В основе данного технологического процесса лежит резание почвы клином с плоской рабочей поверхностью, сводящееся к разрушению почвенного пласта путем сдвига (скальвания) на куски (стружку) трапецеидальной формы [66, 67, 71, 85, 141, 143].

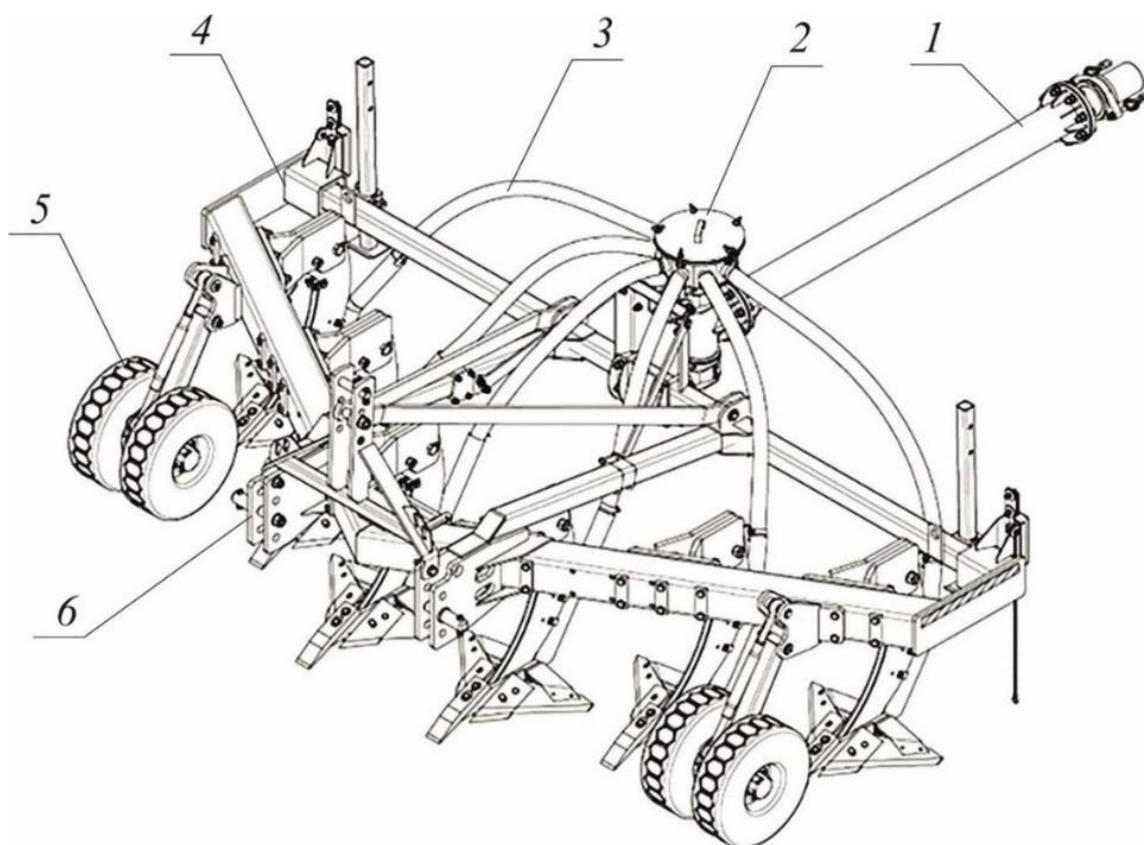


Рисунок 2.1 - Чизельный глубокорыхлитель для внутривспашечного внесения жидкого навоза:

1 – шланговая магистраль; 2 – распределительный узел жидких органических удобрений; 3 – распределительные шланги; 4 – рама с чизельными рабочими органами; 5 – опорные колеса; 6 – навесное устройство

По результатам исследования предложена следующее комбинированное орудие, в состав которого входят: напорная шланговая система для транспортировки ЖОУ от места накопления и хранения до поля; чизельный глубокорыхлитель-щелеватель с катком, выполняющий рыхление почвы, инъекцию заданной дозы удобрений внутрь почвы и выравнивание поверхности поля; пневматическая сеялка для одновременного высева промежуточной культуры (сидератов) (рис. 2.2).

Распространение деформации почвы в стороны в поперечно-вертикальной плоскости ограничивается предельной глубиной обработки h_k , называемой критической [137, 142, 143, 144, 145]. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается смятием почвы в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном направлении, поэтому

превышение глубины а хода чизельных лап критической глубины нецелесообразно как с точки зрения увеличения поперечного сечения разрыхляемых пластов почвы, так и с учетом повышенного тягового сопротивления машины.

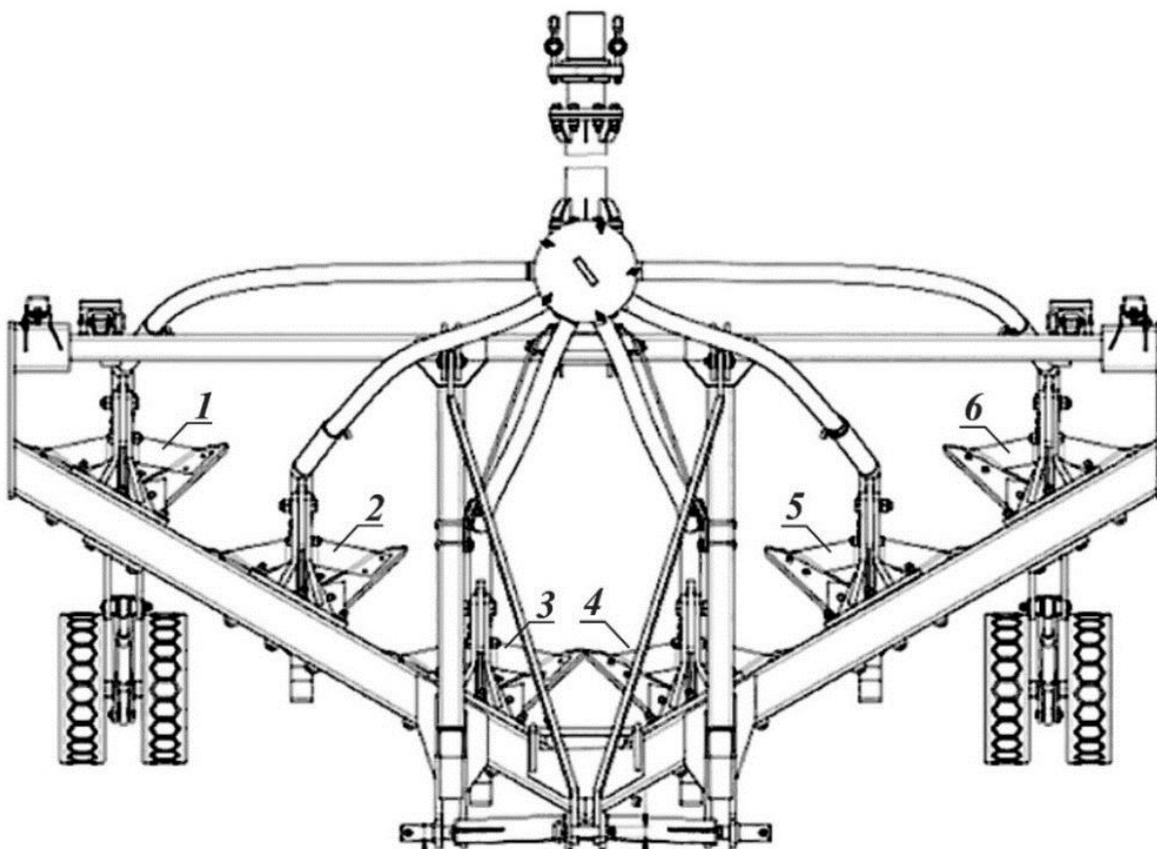


Рисунок 2.2 - Общий вид чизельного глубокорыхлителя для внутрпочвенного внесения жидкого навоза:

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

Возможны два режима работы чизельных лап глубокорыхлителя:

- 1) глубина обработки а не превышает критическую глубину h_K ;
- 2) глубина обработки а больше критической глубины h_K .

В первом случае поперечная зона рыхления имеет форму трапеции. Во втором случае зона бокового рыхления распространяется до глубины h_K , а ниже образуется прямоугольная щель глубиной $h_0 = a - h_K$, где h_0 – глубина заблокированного резания без отделения почвенной стружки с боковых сторон лапы.

В зоне блокированного резания ниже критической глубины h_K образуется уплотненное ядро из-за большого давления, под действием которого почва сминается, сильно уплотняется и задерживается на наклонной рабочей поверхности.

На чизельных лапах рассматриваемой машины устанавливаются открылки для увеличения площади поперечного сечения пласта, разрыхляемого одной чизельной лапой. Заглубление таких рабочих органов на глубину больше критической нецелесообразно.

По результатам экспериментальных исследований [2, 41, 65] рекомендуется следующая эмпирическая зависимость для определения критической глубины резания чизельными лапами.

$$h_K = \frac{b_0 \left[0,1 \frac{p}{\sigma_{OT}} (1 + 3 \operatorname{tg} \psi) \right] - 2,5}{4,2 + \operatorname{ctg} \alpha}, \text{ см,} \quad (2.1)$$

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. 2.3).

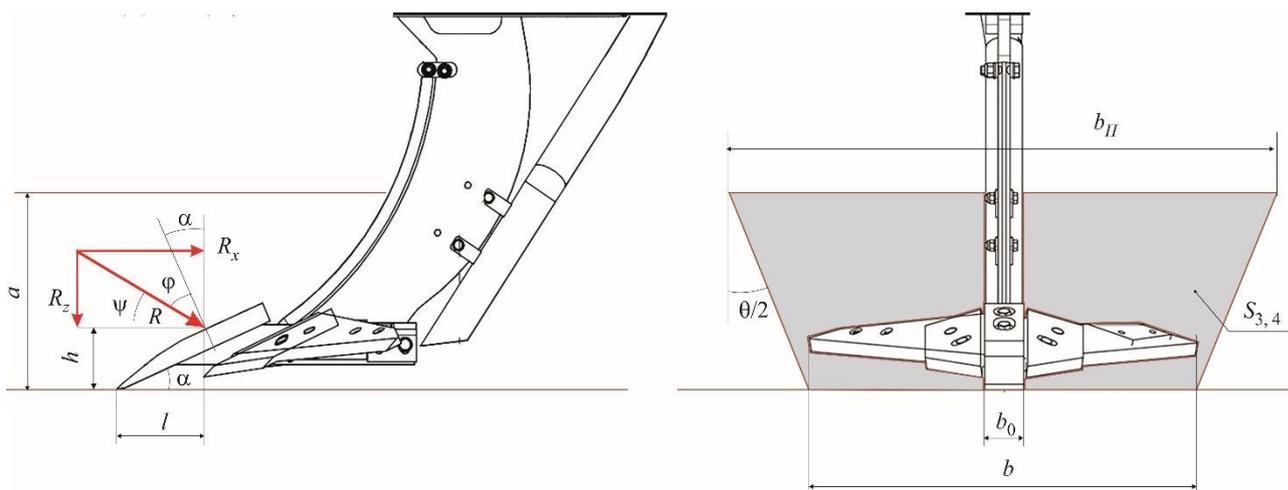


Рисунок 2.3 - Поперечные и продольные зоны деформации почвы чизельной лапой

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

- для лап 3 и 4 (рис. 2.3)

$$S_{3,4} = (b + b_{\Pi})a / 2, \text{ м}^2. \quad (2.2)$$

- для лап 1, 2, 5, 6 (рис. 2.4)

$$S_{1,2,5,6} = M a, \text{ м}^2, \quad (2.3)$$

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, например, прикатывания. Для работы с чизельными глубокорыхлителями требуются энергонасыщенные тракторы.

В продольно-вертикальной плоскости реакции сил сопротивления почвы, действующие на чизельную лапу, приводятся к равнодействующей R_{xz} (рис. 2.4). Вертикальная проекция этой силы R_z характеризует способность лапы к заглублению в почву, а горизонтальная проекция R_x – тяговое сопротивление рабочего органа.

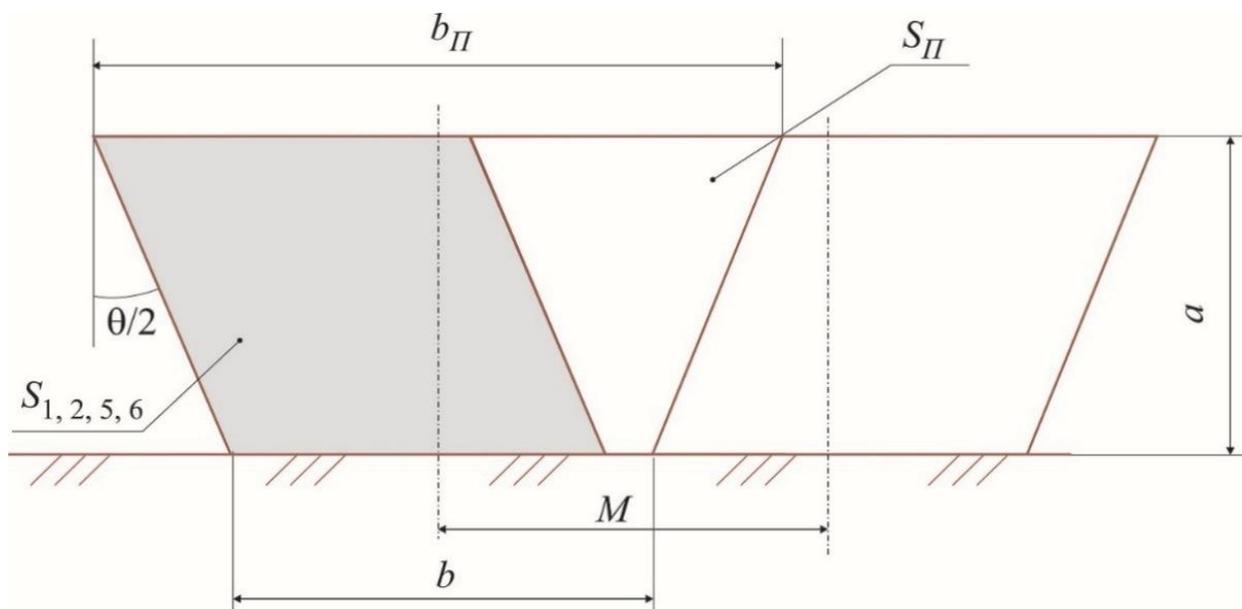


Рисунок 2.4 - Схема определения поперечной площади рыхления при резании почвы двумя чизельными лапами

Направление и точка приложения равнодействующей силы R_{xz} определяются для чизельных лап углом ψ и плечами l и h относительно носка лапы.

Координаты точки приложения равнодействующей сил сопротивления почвы на лапе равны

$$\begin{cases} h = (0,3 \dots 0,5) a; \\ l = 0,5 b. \end{cases} \quad (2.4)$$

Суммарное тяговое сопротивление чизельных лап может быть рассчитано по формуле, аналогичной формуле академика В.П. Горячкина для лемешно-отвальных плугов

$$R_x = \sum_{i=1}^6 k_{\pi} S_i + \varepsilon S_i v^2, \quad (2.5)$$

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.

Расчётная схема сил, действующих на глубокорыхлитель при работе с трактором, показана на рисунке 2.5.

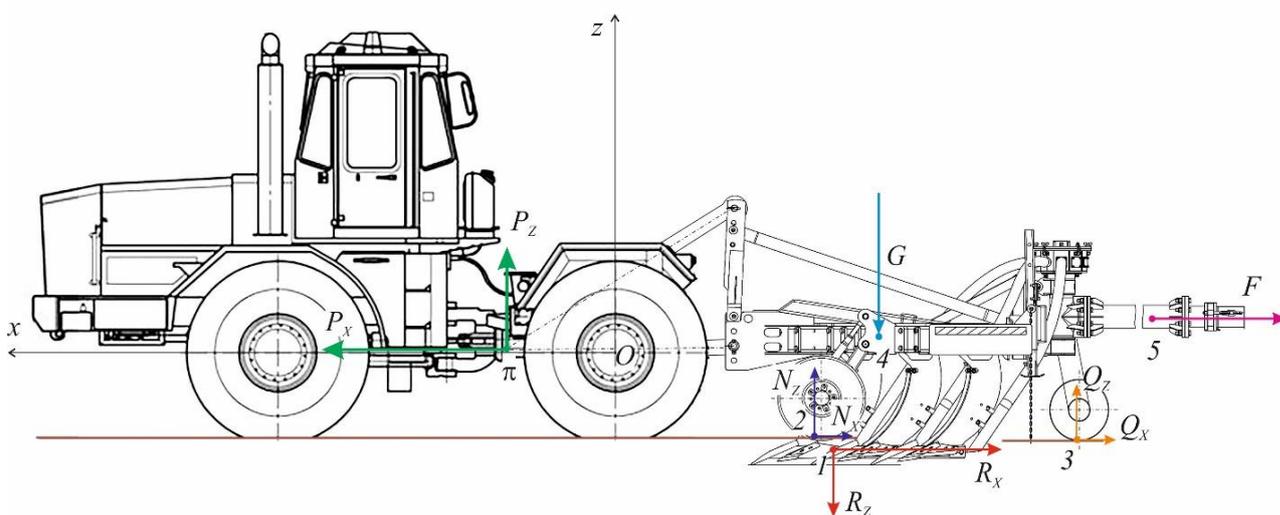


Рисунок 2.5 - Схема для расчета сил, действующих на глубокорыхлитель с трактором

Система уравнений равновесия машины в продольно-вертикальной плоскости xO_z имеет вид:

$$\begin{cases} \sum_i P_{xz i} = 0; \\ \sum_i M_{xz i} = 0, \end{cases} \quad (2.6)$$

где $\sum_i P_{xz i}$ – сумма всех сил; $\sum_i M_{xz i}$ – сумма моментов всех сил относительно любой точки механической системы «трактор + глубокорыхлитель».

При известных коэффициентах μ_2 и μ_3 сопротивления качению опорных колёс и катка по полю

$$\mu_2 = \frac{N_x}{N_z}; \quad \mu_3 = \frac{Q_x}{Q_z}. \quad (2.7)$$

можно решить эту систему уравнений и определить четыре неизвестные силы P_x, P_z, N_z, Q_z .

Для этого составим систему из четырех линейных уравнений (третье и четвертое уравнения – суммы моментов сил относительно точек 2 и 3 – приложения реакций на опорных колесах и катке:

$$\begin{cases} P_x - R_x - \mu_2 N_z - \mu_3 Q_z - F = 0; \\ P_z - R_z + N_z + Q_z - G = 0; \\ P_x(z_\pi + z_2) - P_z \cdot (x_\pi + x_2) - Q_z(x_3 - x_2) - G(x_4 - x_2) + R_x(z_1 - z_2) - R_z(x_1 - x_2) - F(z_2 + z_5) = 0; \\ P_x(z_\pi + z_3) - P_z \cdot (x_\pi + x_3) - N_z(x_3 - x_2) - G(x_3 - x_4) - R_x(z_1 - z_3) + R_z(x_3 - x_1) - F(z_2 + z_5) = 0. \end{cases} \quad (2.8)$$

где P_x и P_z – составляющие силы тяги трактора; N_x и N_z – реакции почвы, действующие на опорные колеса машины; Q_x и Q_z – составляющие реакции на опорной поверхности катка; R_x и R_z – реакции почвы, приложенные к условному «среднему» рабочему органу; $G = mg$ – сила тяжести машины; F – сила сопротивления перемещению шланга с жидким навозом; x_π, z_π – координаты мгновенного центра вращения трехточечного навесного устройства трактора в продольно-вертикальной плоскости xOz ; x_1, z_1 – координаты точки 1 – носка «среднего» рабочего органа; x_2, z_2 – координаты точки 2 приложения реакций на опорных колесах; x_3, z_3 – координаты точки 3 – приложения реакций на катке; x_4 – координата точки 4 – центра тяжести

машины; z_5 – координата точки приложения силы сопротивления перемещению шланга. Значения сил – в килоньютонах, размеров – в метрах. Начало координат точка O совпадает с проекцией оси задних колёс трактора.

Сила сопротивления F перемещению шланга за глубокорыхлителем равна

$$F = f_T m_T g, \quad (2.9)$$

где f_T – коэффициент трения шланга о почву; $m_T = \rho V$ – масса шланга с жидким навозом, кг; ρ – плотность жидкого навоза, кг/м³; $V = \pi d^2 L / 4$ – объем жидкого навоза в шланге, м³; d и L – диаметр и длина шланга, м.

2.2. Прочностные расчеты сопряжений машин в едином агрегате

Так как комбинированный агрегат конструируется на базе глубокорыхлителя необходимо определить места размещения отдельных рабочих машин на раме глубокорыхлителя, выбрать способ их крепления и выполнить необходимые прочностные расчеты.

Электропневматическая сеялка «ТП Турбо Джет Супер» может быть установлена на специальную площадку на раме глубокорыхлителя при помощи резьбовых соединений. Для расчета параметров резьбы необходимо определить силы, действующие в соединении (рис. 2.6).

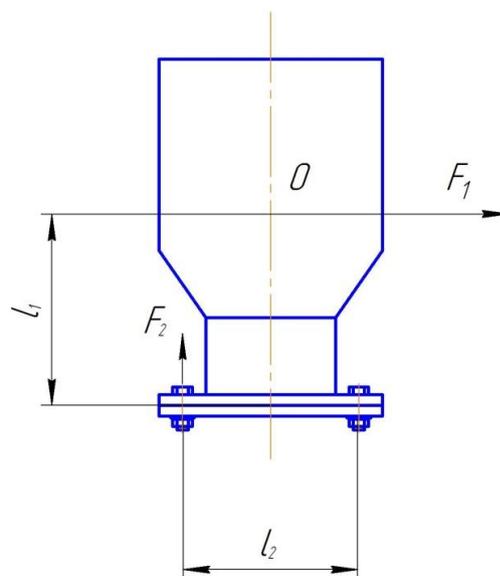


Рисунок 2.6 - Схема для расчета резьбовых соединений крепления электропневматической сеялки

Примем предварительно, что фланцы сеялки и глубокорыхлителя соединяются восемью болтами. При возникновении осевой нагрузки болт работает на растяжение. Опасное сечение – сечение, ослабленное резьбой. Площадь сечения приблизительно оценивают по внутреннему диаметру резьбы d_1 . Условие прочности по напряжениям растяжения в стрержне:

$$\sigma = \frac{4F_2}{\pi d_1^2} \leq [\sigma] \quad (2.10)$$

где σ – напряжение растяжения, МПа;

F_2 – действующая сила растяжения, кН;

d_1 – внутренний диаметр резьбы, мм.

Силу F_2 определим по правилу моментов

$$F_1 * l_1 = F_2 * l_2 \quad (2.11)$$

Сила F_1 возникает при начале движения агрегата и определяется из выражения

$$F_1 = m * a * t \quad (2.12)$$

где m – масса сеялки, кг;

a – ускорение, м/с².

Отсюда

$$F_2 = \frac{m * a * l_1}{l_2} \quad (2.13)$$

Тогда минимально допустимый диаметр резьбы болта

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 * m * a * l_1}{l_2 * \pi * [\sigma]}} \quad (2.14)$$

Задельвающий рабочий орган представляет собой зубовой каток, который шарнирно прикреплен к раме глубокорыхлителя в двух точках посредством пальцев. Два грядиля крепятся к раме катка при помощи шести болтов каждый. В данном случае соединительные пальцы работают на срез, а крепежные болты на растяжение (рис. 2.7).

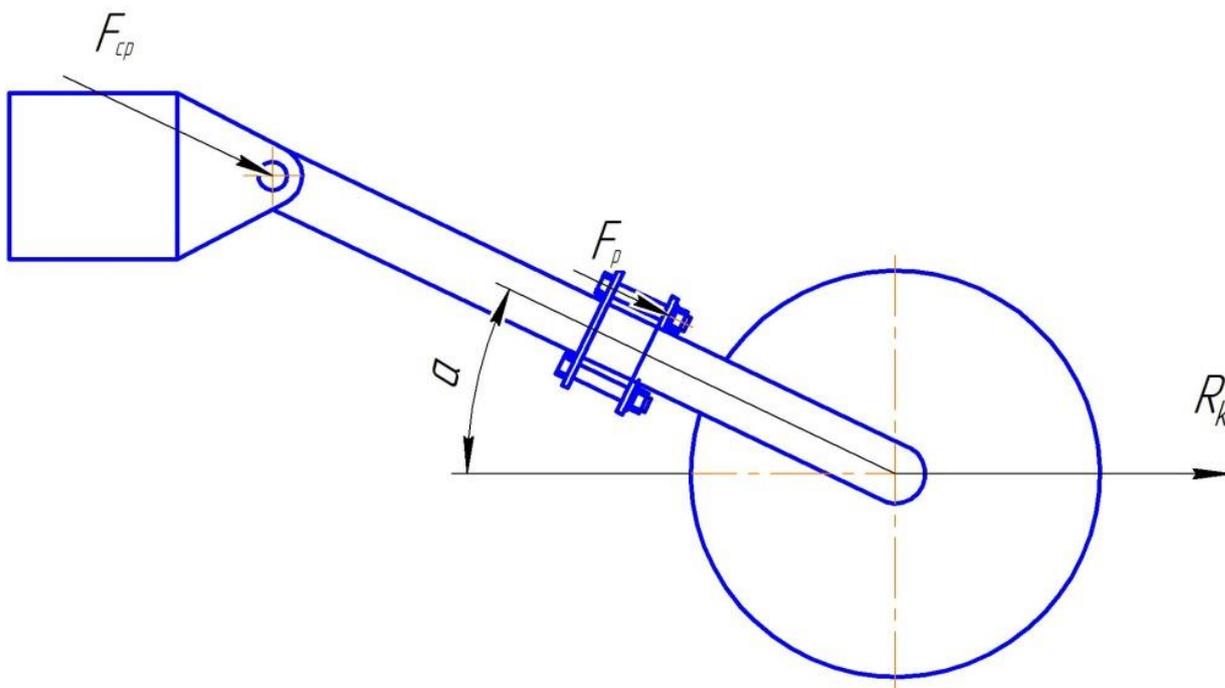


Рисунок 2.7 - Схема для расчета соединений крепления зубового катка

Осевое усилие, действующее в соединениях, определяется по выражению:

$$F = R_k * \cos \alpha \quad (2.15)$$

где R_k – сопротивление орудия, кН

α – угол наклона грядиля, град.

Расчёт пальцев

1. Находим изгибающий момент в пальце (кН * см):

При опирании на две проушины с изгибающим усилием, приложенным посередине их рабочей длины

$$M_{и} = \frac{F * l}{4} \quad (2.16)$$

где F – поперечное изгибающее усилие, действующее на палец, кН;

l – рабочая длина пальца (расстояние между проушинами), которой задаемся, см [100];

2. Определяем минимальный момент сопротивления поперечного сечения пальца или оси, см³

$$W_{п} = \frac{M_{и}}{m * 0.1R} \quad (2.17)$$

где m – коэффициент условий работы (определяется в зависимости от устройства);

R – расчетное сопротивление круглой прокатной стали для осей и шарниров, МПа [100]. (Для стали Ст.3 $R=210$ МПа)

3. Подсчитываем диаметр пальца, см

$$d = \sqrt[3]{10W_{\Pi}} \quad (2.18)$$

Или

$$d = \sqrt[3]{\frac{10R_k * \cos\alpha * l}{0.4mR}} \quad (2.19)$$

4. Проверка пальцев на срез

$$\frac{4F}{n_{ср} * \pi * d^2} \leq mR_{ср} \quad (2.20)$$

где $n_{ср}$ – число срезов пальца или оси;

$R_{ср}$ – сопротивление срезу для круглой прокатной стали (для стали Ст.3 $R_{ср}=130$ МПа).

Расчет резьбовых соединений

В креплении рамы катка к грядилю болты работают на растяжение, при котором условие прочности имеет вид

$$\frac{F_p}{n * F_{нт}} \leq m * R_p^{\sigma} \quad (2.21)$$

где F_p – расчетное усилие растяжения, кН

n – количество болтов в соединениях,

$F_{нт}$ – площадь сечения болта (нетто), определяемая в зависимости от диаметра стержня болта;

m – коэффициент условий работы, $m = 0,85$;

R_p^{σ} – расчетные сопротивления болтовых соединений при растяжении, МПа. ($R_p^{\sigma}=210$ МПа для стали Ст.3)

Расчетное усилие растяжения в нашем случае

$$F_p = R_k * \cos\alpha \quad (2.22)$$

Для выбора болта нужного диаметра определяют площадь сечения болта нетто $F_{нт}$

$$F_{нт} \geq \frac{F_p}{m \cdot R_p^\sigma \cdot n} \quad (2.23)$$

После подстановки значения F_p

$$F_{нт} \geq \frac{R_k \cdot \cos \alpha}{m \cdot R_p^\sigma \cdot n} \quad (2.24)$$

Зная минимально допустимую площадь сечения болта (нетто), определяют диаметра стержня болта согласно таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Диаметр стержня болта

Диаметр стержня болта d, мм.	12	14	16	20	22	24	27	30	36	42	48
Площадь сечения болта нетто $F_{нт}$, см ² .	0,86	1,18	1,6	2,49	3,08	3,59	4,67	5,69	8,16	11,2	14,7

2.3. Математическая модель процесса внесения жидких органических удобрений в почву

Для реализации данной технологии соискателем на базе кафедры сельскохозяйственных машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева разработан опытный образец комбинированного культиватора-глубококорыхлителя для внутрпочвенного внесения жидкого навоза (рис. 2.8), в состав которого входят:

- шланговая система для транспортировки жидких органических удобрений от места накопления на поле;
- чизельный глубококорыхлитель-щелеватель с катком, выполняющий рыхление почвы, инъекцию заданной дозы удобрений внутрь почвы и выравнивание поверхности поля;
- пневматическая сеялка для одновременного высева промежуточной культуры (сидератов).

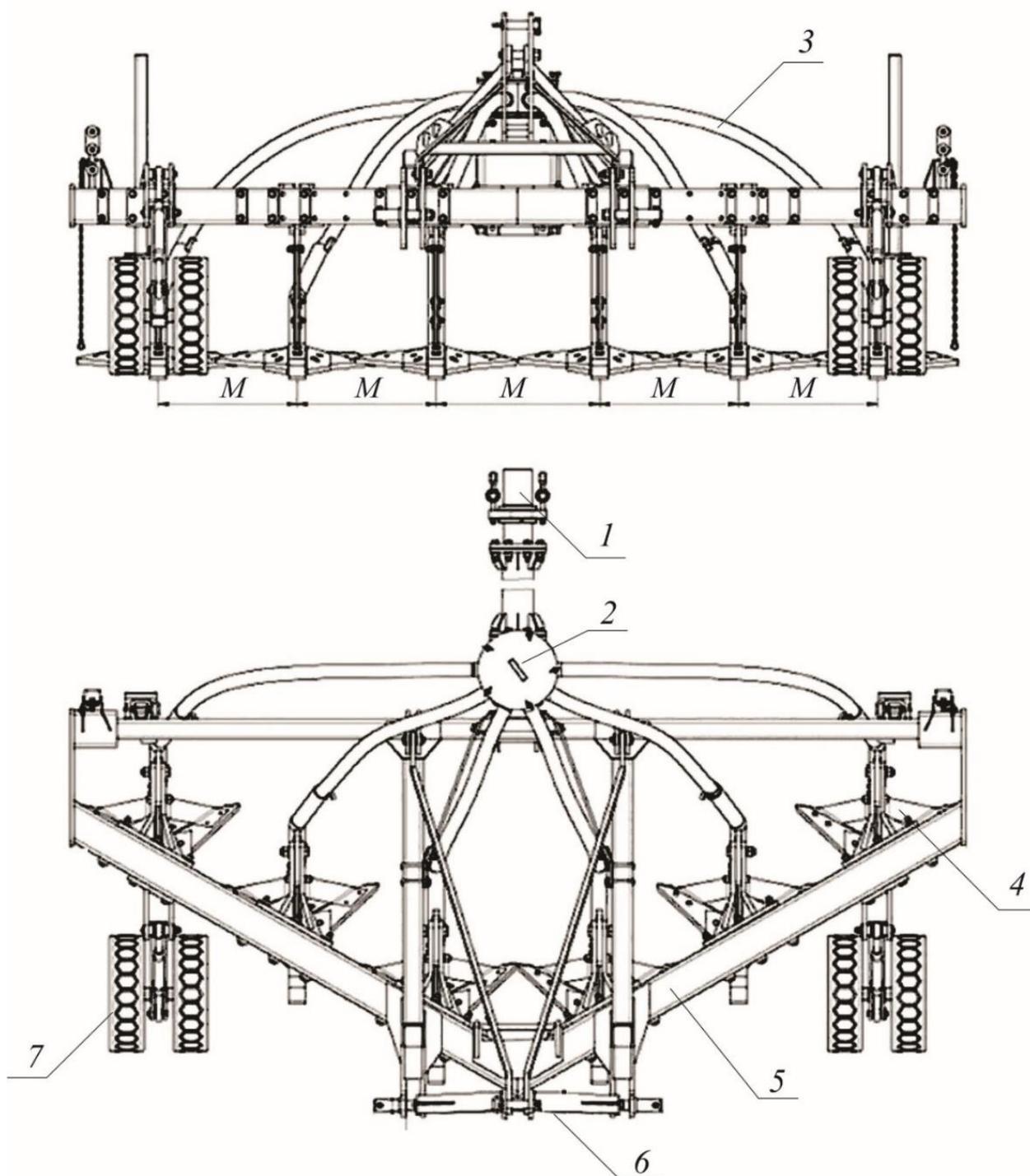


Рисунок 2.8 - Общий вид чизельного глубокорыхлителя для
внутрипочвенного внесения жидкого навоза:

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

Внутрипочвенное внесение ЖОУ позволяет: максимально обеспечить питательными веществами выращиваемые культуры; использовать до 90% аммиачного азота содержащегося в жидком навозе; исключить поверхностный сток и существенно снизить испарение аммиака в атмосферу;

ускорить разложение растительных остатков и сидератов после заделки их в почву; равномерно распределить органические удобрения на большую глубину (до 36...40 см) слоя почвы; снизить неблагоприятные экологические последствия внесения больших доз жидкого навоза.

Для полной инфильтрации больших доз внесения (100 т/га и более) ЖОУ пласты почвы на значительной глубине обработки должны быть тщательно разрыхлены. Поэтому для внутрпочвенного внесения ЖОУ в качестве рабочих органов целесообразно использовать чизельные лапы, обеспечивающие максимальные зоны деформации пластов почвы на большую глубину [61, 69, 70, 78].

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 открывками: малыми – шириной захвата $b = 325$ мм и большими – шириной захвата $b = 800$ мм (рис. 2.9).

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 (скальвания) на куски (стружку) трапецеидальной формы [26, 28, 30].

Распространение деформации почвы в стороны в поперечно-вертикальной плоскости ограничивается предельной глубиной обработки h_K , называемой критической [11, 30, 32, 33]. Дальнейшее заглубление рабочего органа сопровождается смятием почвы в продольном направлении без увеличения зоны рыхления в поперечном направлении, поэтому увеличение глубины a 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.

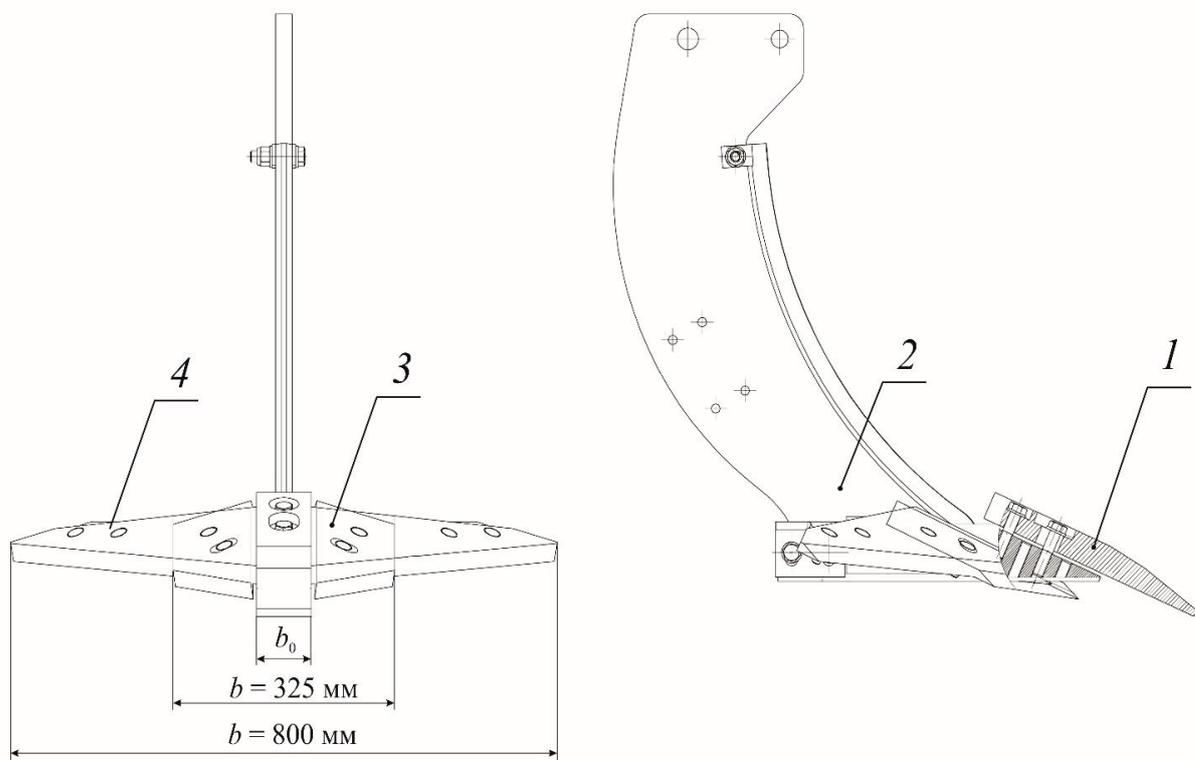


Рисунок 2.9 - Схема чизельной лапы с открывками:
1 – долото; 2 – стойка; 3 – открывки малые; 4 – открывки большие

На чизельных лапах данной машины могут устанавливаться или сниматься открывки для увеличения или уменьшения площади поперечного сечения разрыхляемого пласта.

Ширина деформируемой полосы почвы на поверхности поля i -й лапой в поперечном сечении равна

$$b_{Pi} = b_i + 2a \operatorname{tg}(\theta / 2), \text{ м}, \quad (2.25)$$

где b_i – ширина захвата i -й лапы, м; $\theta / 2$ – угол скалывания почвы [30].

Схемы трапециевидных зон деформации чизельных лап с открывками различной ширины захвата показаны на рисунке 2.10.

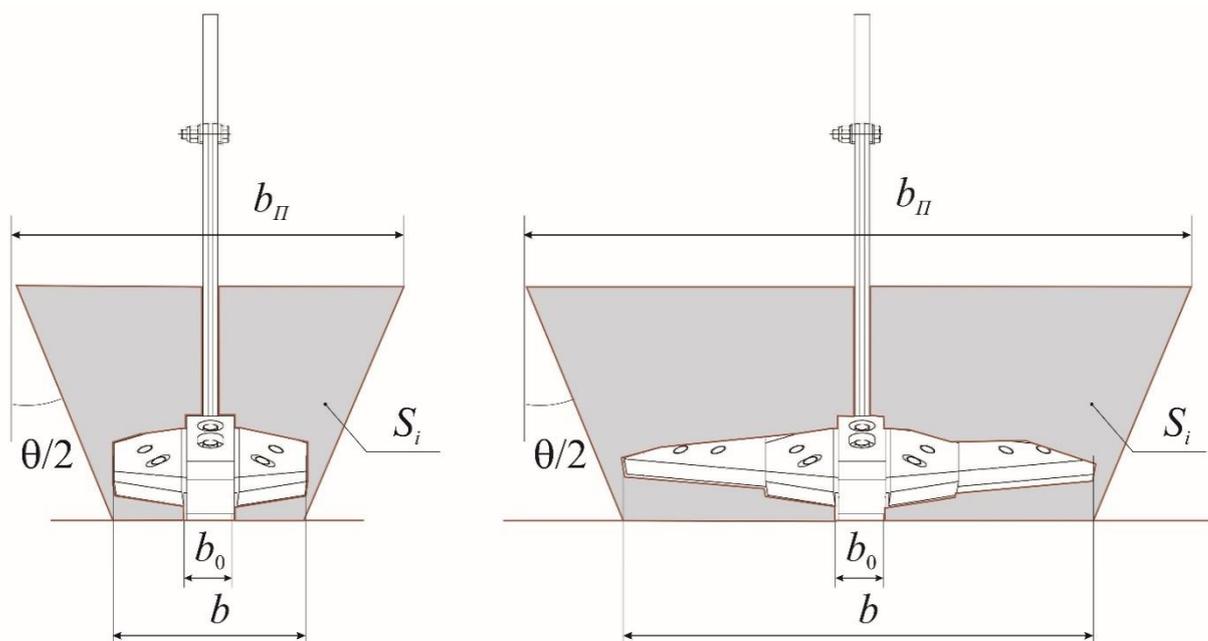


Рисунок 2.10 - Поперечные зоны деформации почвы чизельной лапой с открывками различной ширины захвата b

Площадь поперечного сечения пласта разрыхляемой почвы в виде трапеции может быть определена для i -го рабочего органа по формуле:

$$S_i = (b_i + b_{пi}) a / 2, \text{ м}^2. \quad (2.26)$$

Основным агротехническим требованием при внутрпочвенном 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:

$$q = \sum_{i=1}^n S_i \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (2.27)$$

где v – скорость движения агрегата, м/с.

Норма внесения ЖОУ на единицу площади поля равна

$$Q = \frac{q \rho}{10 B v}, \text{ т/га}, \quad (2.28)$$

где ρ – плотность ЖОУ, кг/м³; B – общая ширина захвата орудия, м.

Для данной математической модели составлена программа в компьютерном приложении для электронных таблиц Microsoft Excel®. Исходные данные для расчета приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные для расчетов дозы внутрипочвенного внесения жидкого навоза

Число рабочих органов (лап)	n	5 или 6
Ширина захвата лапы, м	b	0,325 или 0,8
Ширина долота, м	b_0	0,08
Угол скалывания почвы, °	$\theta / 2$	40...45
Диапазон рабочих скоростей агрегата, м/с	v	0,7...1,4
Плотность жидких органических удобрений, кг/м ³	ρ	990

На основании проведенных расчетов по описанной выше математической модели можно получить ряд теоретических зависимостей параметров, характеризующих агротехнические показатели работы агрегата.

В частности, на рисунках 2.11 и 2.12 показаны примеры зависимостей доз внесения ЖОУ Q на единицу площади поля от скорости v движения и глубины a установки чизельных лап для вариантов настройки орудия: с пятью и шестью рабочими органами, с открылками различной ширины захвата b .

Анализ расчетов позволил определить, что увеличение ширины захвата орудия в целом и ширины открылков чизельных лап обеспечивает прямо пропорциональное повышение доз внутрипочвенного внесения удобрений. При использовании орудия в 5-лаповом варианте с рабочими органами, имеющими открылки шириной $b = 0,8$ м, максимальная доза внесения жидкого навоза составляет $Q = 80...90$ т/га, в 6-лаповом варианте – $Q = 110...120$ т/га при работе в диапазоне скоростей 0,5...0,8 м/с (рис. 2.11 и 2.12).

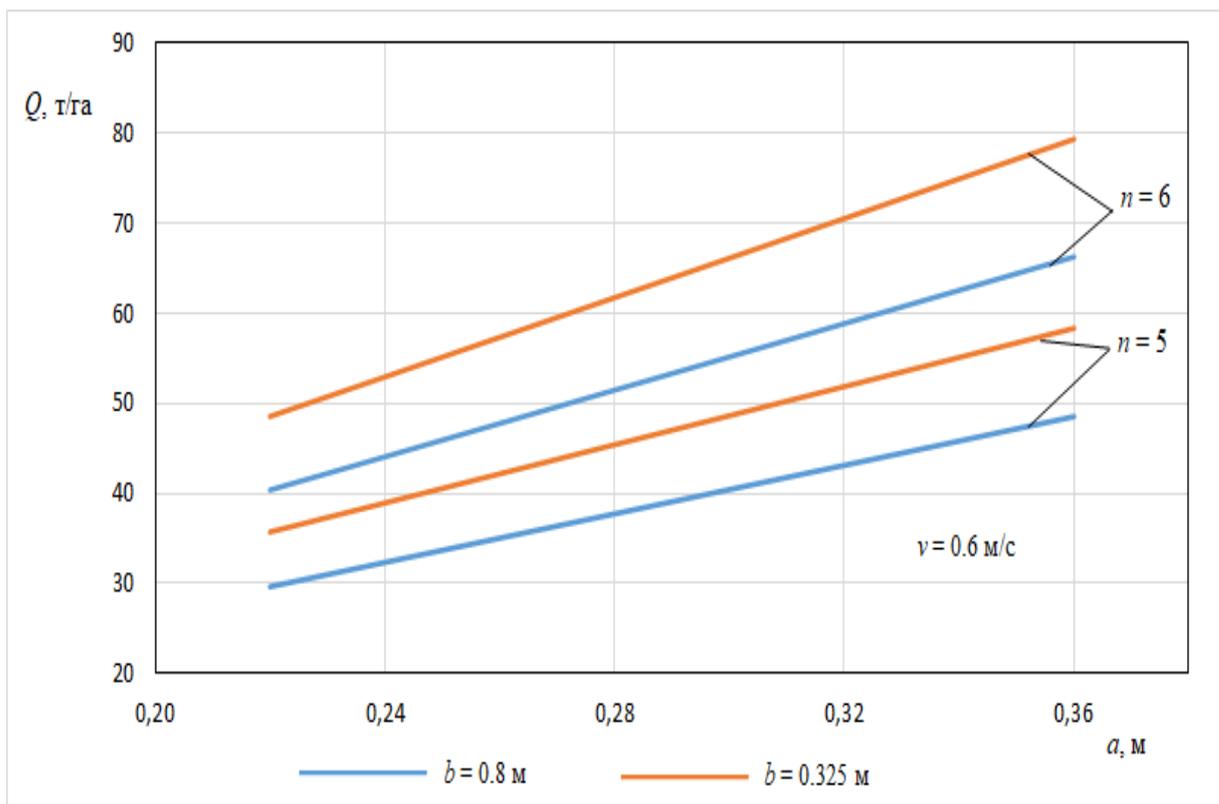


Рисунок 2.11 - Зависимости дозы внесения жидких органических удобрений Q на единицу площади поля от глубины a установки чизельных лап с открылками шириной захвата $b = 0,325$ и $0,8$ м (варианты настройки для пяти и шести рабочих органов $n = 5$ и $n = 6$, при скорости движения $v = 0,6$ м/с)

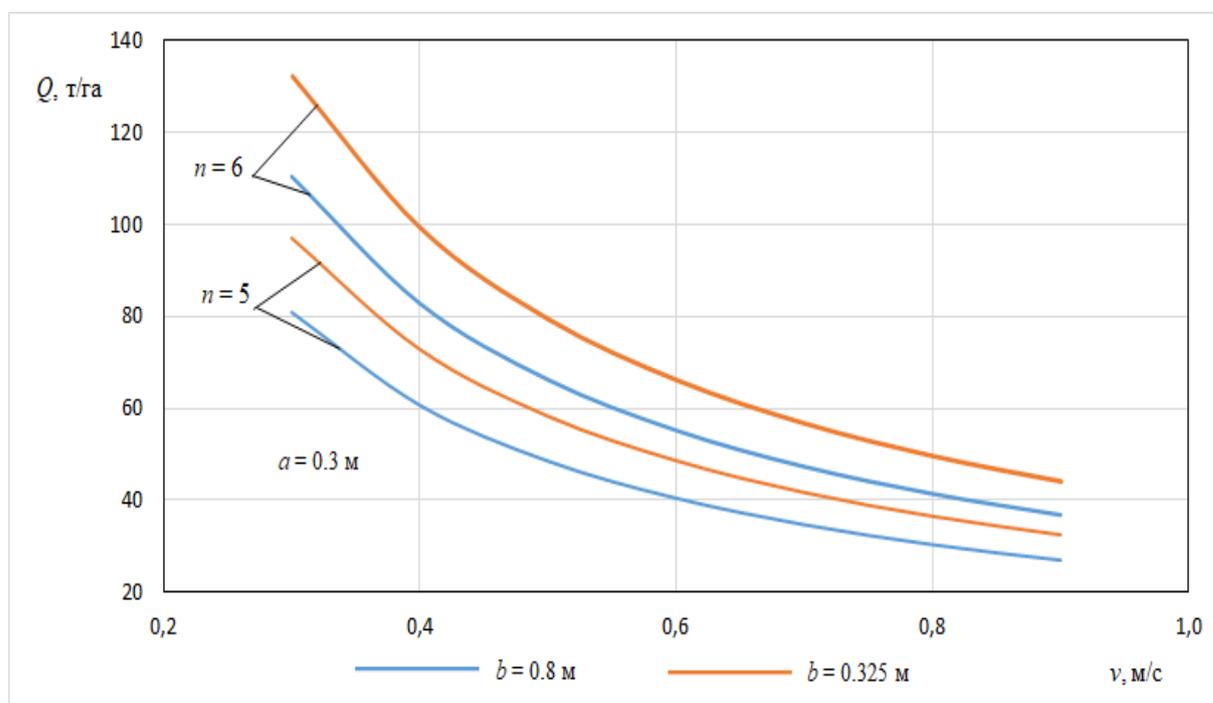


Рисунок 2.12 - Зависимости дозы внесения жидких органических удобрений Q на единицу площади поля от скорости v агрегата (варианты настройки для пяти и шести рабочих органов $n = 5$ и $n = 6$ при глубине установки чизельных лап $a = 0,3$ м)

На рисунке 2.13 показаны трехмерные зависимости дозы внесения ЖОУ от скорости агрегата и глубины установки чизельных рабочих органов с открылками шириной захвата $b = 0,8$ м. Анализ представленных зависимостей показывает, что возможная доза внутрипочвенного внесения ЖОУ прямо пропорциональна следующим эксплуатационным параметрам: глубине установки чизельных рабочих органов, их количеству на раме орудия, ширине открылков на установленных на них и обратно пропорциональна скорости движения агрегата.

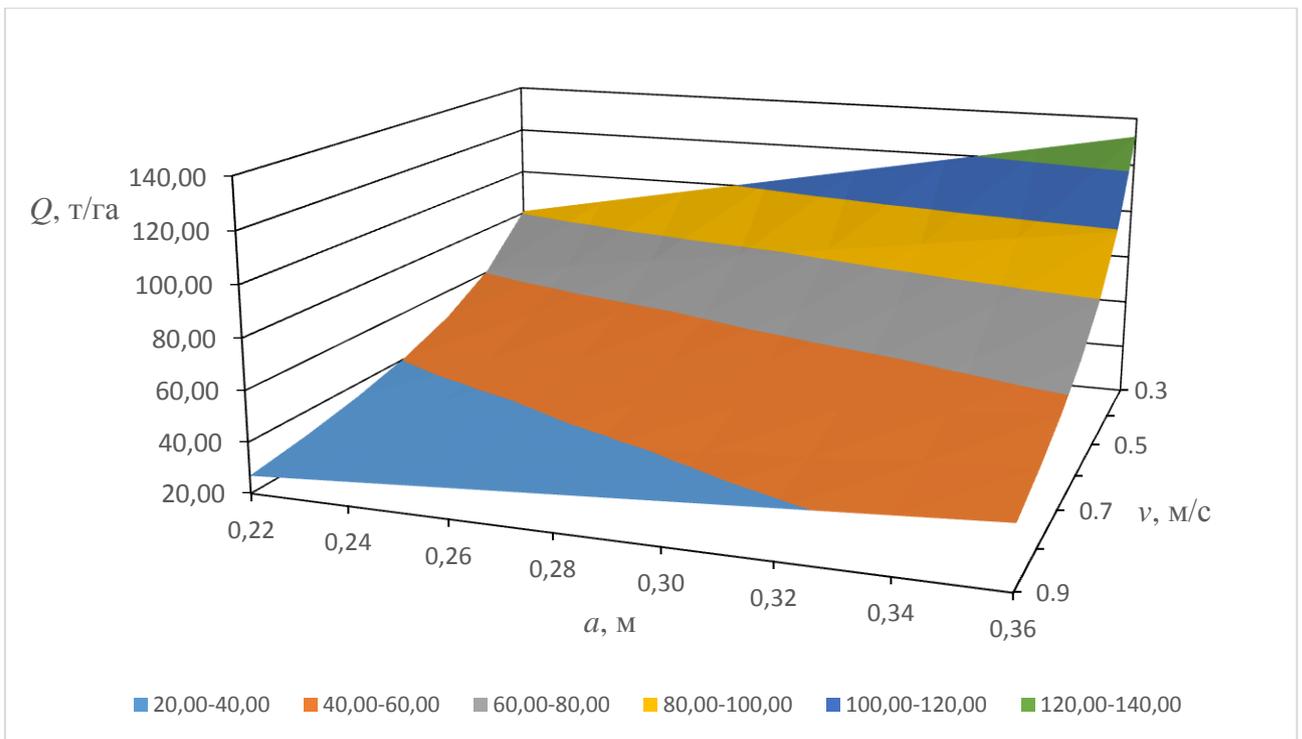
При использовании глубокорыхлителя с 5 рабочими органами, имеющими открылки шириной $b = 0,8$ м, максимальная доза внесения ЖОУ составляет $Q = 80...90$ т/га, с 6 – $Q = 110...120$ т/га при диапазоне рабочих скоростей агрегата $0,5...0,8$ м/с.

Разработанная технология и глубокорыхлитель для внутрипочвенного внесения ЖОУ с рабочими органами в виде чизельных лап позволяют обеспечить полную инфильтрацию больших доз внесения жидкого навоза в соответствии с агротехническими требованиями.

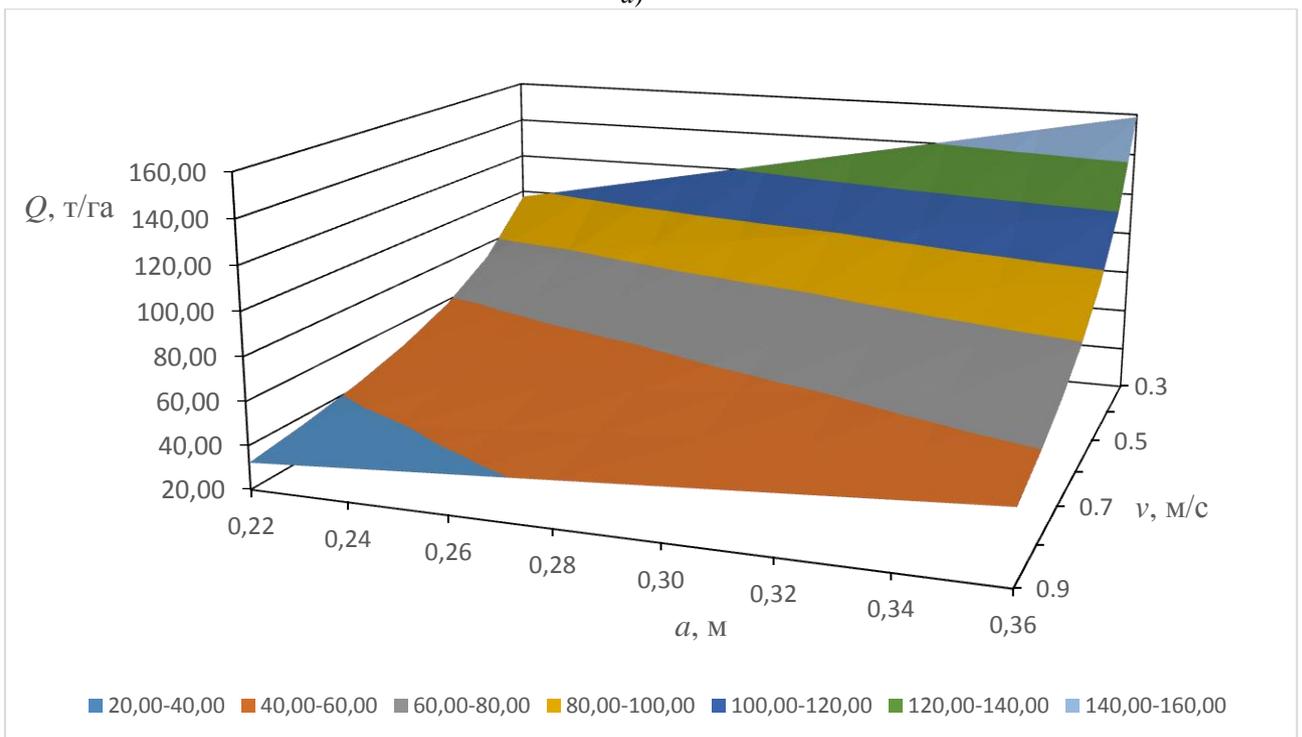
Математическая модель для расчета доз удобрений учитывает геометрические размеры рабочих органов, их количество и расстановку на раме орудия, а также эксплуатационные параметры – скорость агрегата, глубину обработки и свойства почвы.

Доза внутрипочвенного внесения ЖОУ прямо пропорциональна следующим эксплуатационным параметрам: глубине установки чизельных лап, количеству лап на раме орудия, ширине открылков на лапах и обратно пропорциональна скорости движения агрегата.

При использовании глубокорыхлителя в 5-лаповом варианте с рабочими органами, имеющими открылки шириной $b = 0,8$ м, максимальная доза внесения жидкого навоза составляет $Q = 80...90$ т/га, в 6-лаповом варианте – $Q = 110...120$ т/га при работе в диапазоне скоростей агрегата $0,5...0,8$ м/с.



a)



b)

Рисунок 2.13 - Зависимости дозы внесения жидких органических удобрений Q на единицу площади поля от скорости v агрегата и глубины a установки чизельных лап с открылками шириной захвата $b = 0,8$ м:
 а) – 5 рабочих органов; б) – 6 рабочих органов

2.4. Теоретические зависимости параметров, характеризующих агротехнические и энергетические показатели работы машинно-тракторного агрегата

На основании проведенных расчетов по описанной выше математической модели можно получить целый ряд теоретических зависимостей параметров, характеризующих агротехнические и энергетические показатели работы машинно-тракторного агрегата [127, 138, 146, 148].

В частности, на рисунке 2.14 показана зависимость критической глубины h_K от угла α крошения чизельной лапы рассматриваемой конструкции.

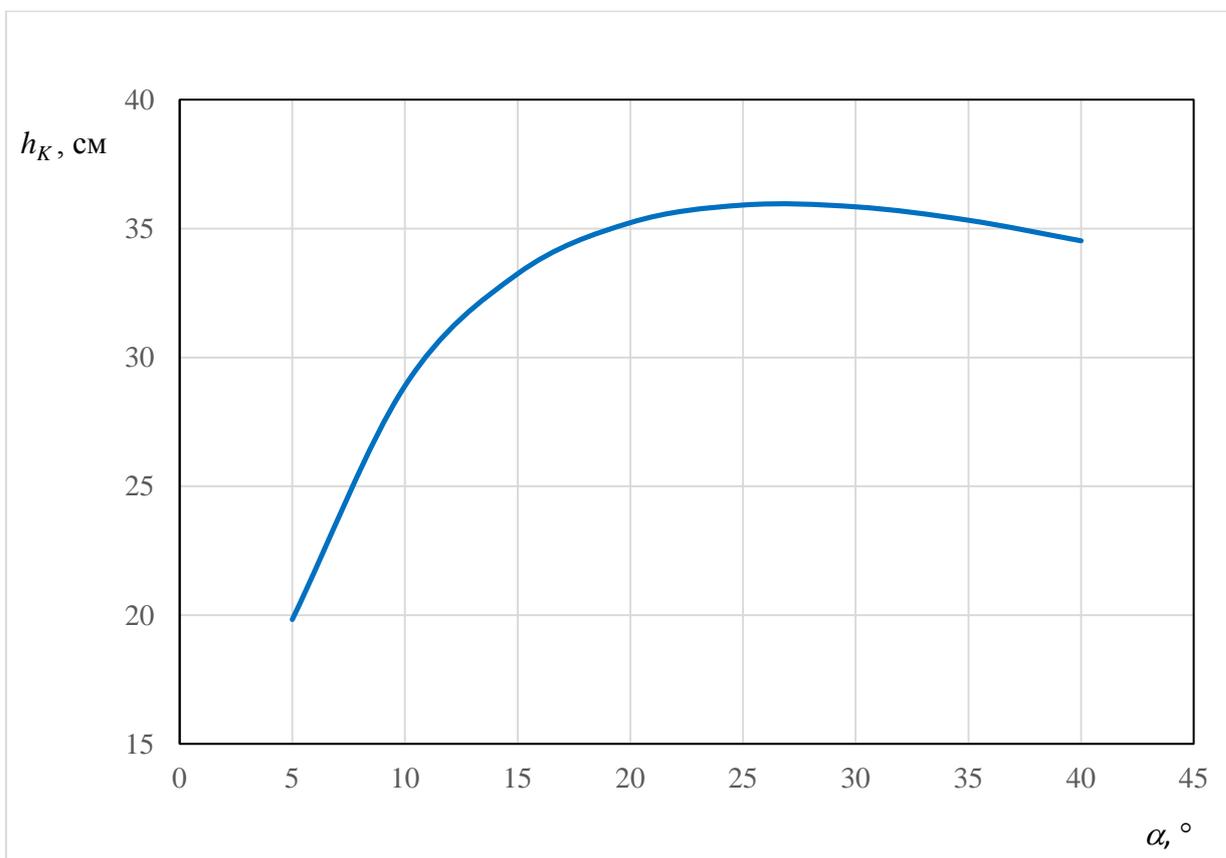


Рисунок 2.14 - Зависимость критической глубины от угла крошения лапы

Расчеты показывают, что для рассматриваемых чизельных лап максимальная критическая глубина резания почвы составляет $h_K = 36 \dots 38$ см при величине угла крошения (установки долота к горизонту) $\alpha = 25^\circ$.

На рисунке 2.15 показана зависимость ширины $b_{П}$ полосы деформации почвы от глубины a установки лапы. Зная данную зависимость, можно определить площадь S_i поперечного сечения взрыхленной части пласта i -й лапой орудия.

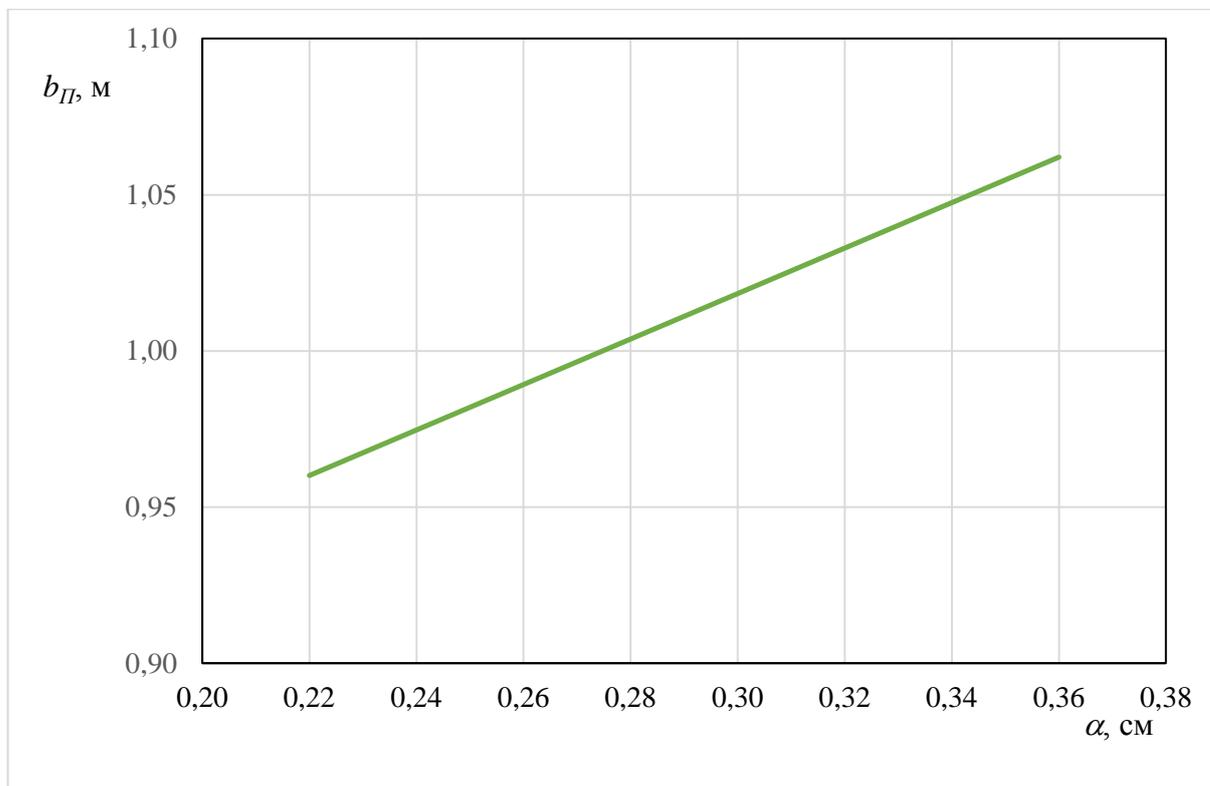


Рисунок 2.15 - Зависимость ширины полосы деформации почвы от глубины установки чизельной лапы

Пример расчетной зависимости тягового сопротивления P_x орудия от скорости v агрегата приведен на рисунке 2.16.

Потребная тяговая мощность трактора для работы с чизельным глубокорыхлителем при внутрпочвенном внесении ЖОУ равна

$$N = P_x v, \text{ кВт}, \quad (2.29)$$

где P_x – сила тяги трактора, кН.

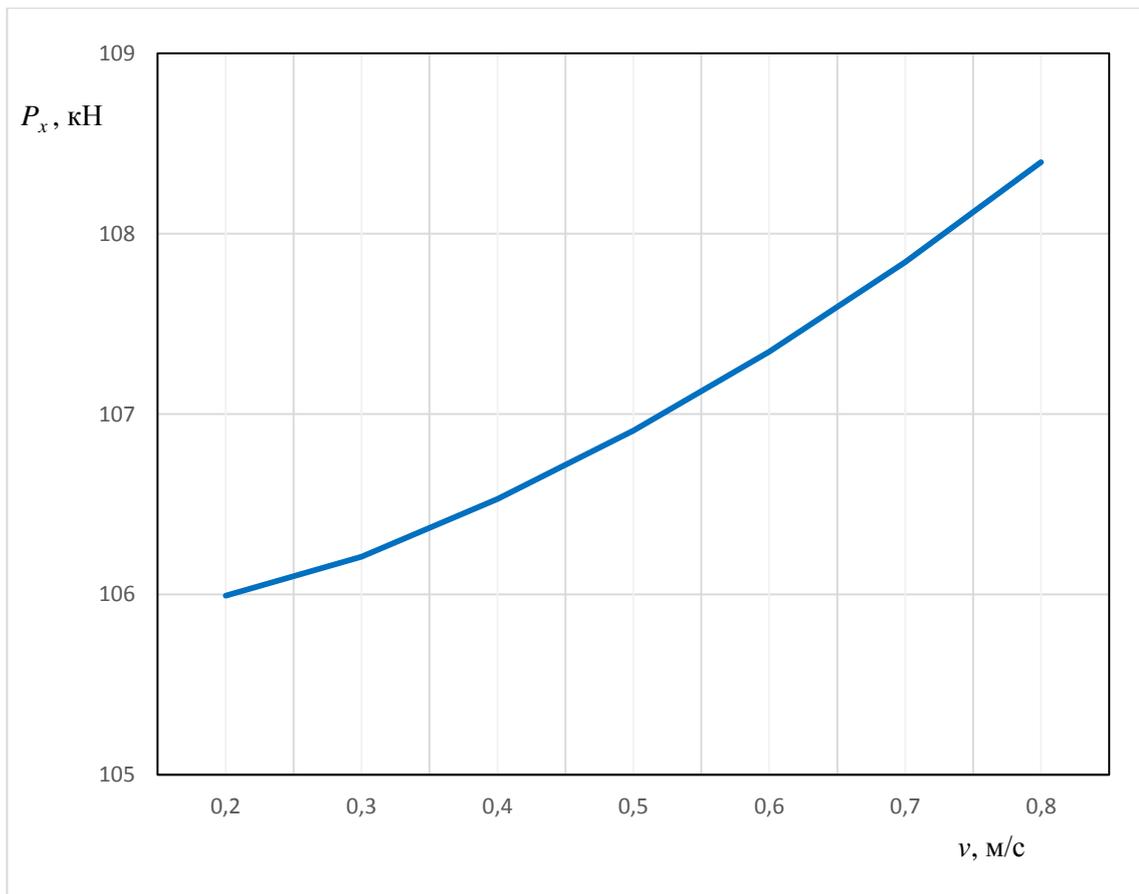


Рисунок 2.16 - Зависимость тягового сопротивления орудия от рабочей скорости агрегата

Пример зависимости потребной тяговой мощности N от скорости v агрегата приведен на рисунке 2.17. Проведенный анализ показывает, что для условий работы, заданных значениями удельного сопротивления почвы $k_{II} = 60$ кПа, глубины установки лап $a = 36$ см и скорости $v = 0,6 \dots 0,8$ м/с, максимальная потребная тяговая мощность трактора составит $N = 80 \dots 90$ кВт.

Удельная энергоёмкость выполнения технологического процесса равна

$$E_v = N / W, \text{ кВт}\cdot\text{ч/га}, \quad (2.30)$$

где $W = 0,36Bv$ – производительность агрегата за час чистого времени, га/ч; B – ширина захвата, м.

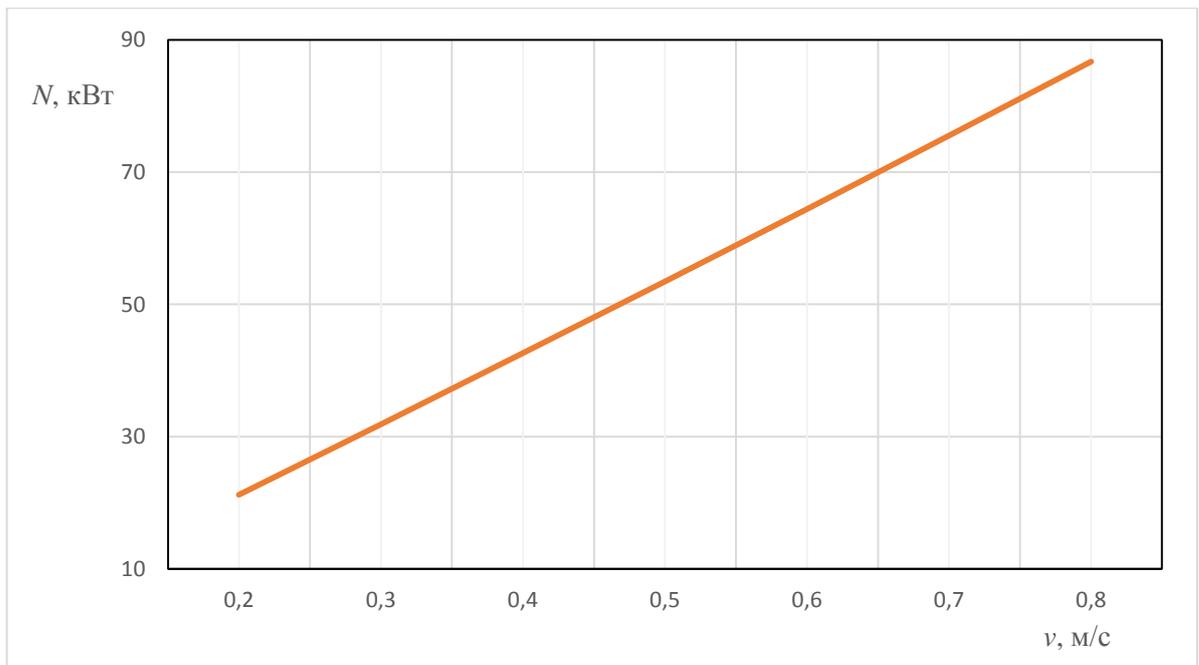


Рисунок 2.17 - Зависимость потребной тяговой мощности от скорости

Пример расчетной зависимости удельной энергоёмкости E_v технологического процесса от скорости v показан на рисунке 2.18.

Проведенные расчеты показали, что для чизельных лап использованной конструкции на влажных тяжелых суглинистых и глинистых почвах критическая глубина составляет $h_k = 36...38$ см.

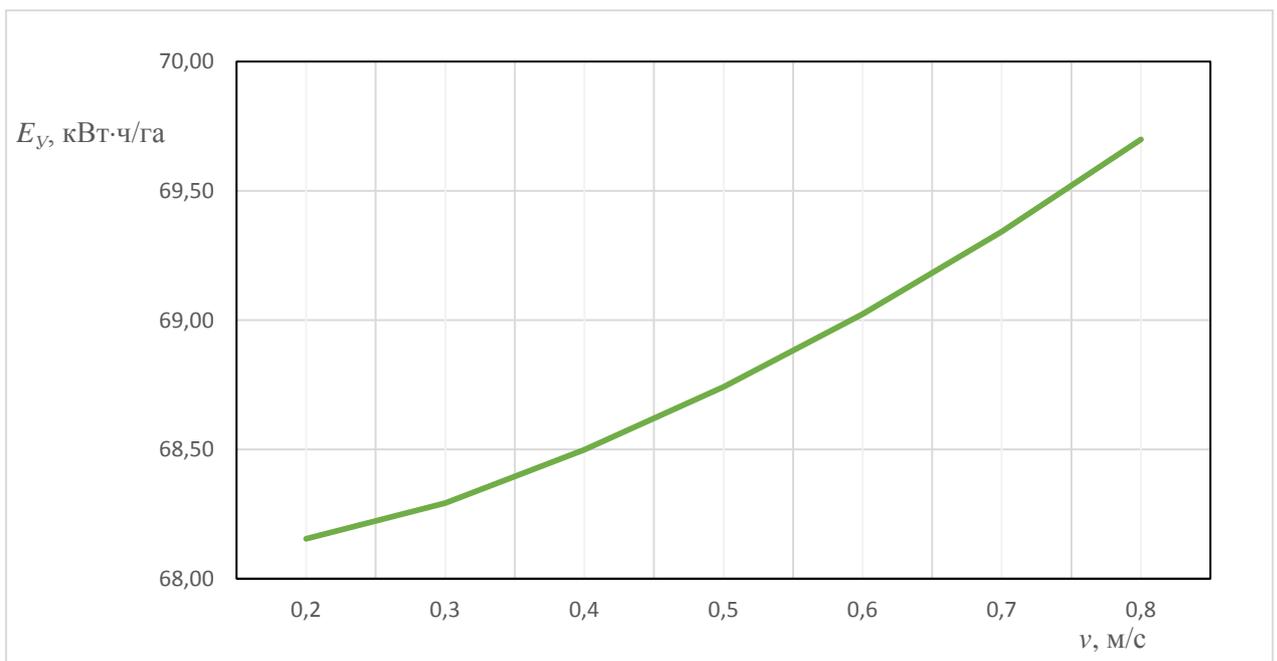


Рисунок 2.18 - Зависимость удельной энергоёмкости от скорости агрегата

Глубина хода чизельных лап рассматриваемого орудия регулируется в пределах $a = 30 \dots 40$ см.

В случае, когда глубина обработки a не превышает критическую глубину h_K поперечная зона рыхления имеет форму трапеции.

Для численного решения системы уравнений составлена программа в виде электронной таблицы для Microsoft Excel. Исходные данные для расчёта действующих сил приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Исходные данные для расчётов сил, действующих на машину при работе с трактором К-744

Масса глубокорыхлителя, кг	m	3087,0
Число рабочих органов (лап)	n	6
Ширина захвата лапы, м	b	0,8
Ширина долота, м	b_0	0,05
Удельное сопротивление почвы, кПа	k_{II}	40...70
Рабочая скорость, м/с	v	0,7...1,4
Угол крошения рабочего органа, °	α	5...40
Угол трения почвы по стали, °	φ	15...35
Угол внутреннего трения почвы, °	φ_{II}	15...35
Коэффициенты сопротивления перекачиванию - колес глубокорыхлителя - катка	μ_2 μ_3	0,2 0,3
Угол скалывания почвы поперечный, °	$\theta / 2$	40...45
Коэффициент учета скорости, $\text{кН} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$	ε	2...3
Размеры шланга, м - длина - диаметр	l d	200 0,15
Коэффициент трения шланга по почве	f_T	0,25
Плотность жидкого навоза, $\text{кг}/\text{м}^3$	ρ	990

2.5. Обоснование технологии одновременного внесения жидких органических удобрений и посева сидеральных культур

Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства связано не только с использованием новых сортов и гибридов растений, сельскохозяйственной техники и орудий, применением агрохимических средств в достаточном количестве для достижения плановых урожаев с заданными параметрами качества продукции. Сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почв обеспечивает растениям не только оптимальные условия для их роста и развития, но и обеспечивает питательный режим, раскрывая потенциальные способности сорта или гибрида, позволяющие обеспечить сырьем сельское хозяйство, пищевую, комбикормовую и перерабатывающую промышленность [8, 9, 10, 12].

Наиболее полно характеризует уровень плодородия почвы ее агрохимическая характеристика. Хорошо известны способы изменения химических, физических и физико-химических свойств почвы, которые, в первую очередь, связаны с применением минеральных и органических удобрений, химических мелиорантов [16, 37, 54, 80, 90].

Органическое вещество почвы, представленное гуминовыми и фульвокислотами, негидролизуемым остатком (гумином), растительными остатками, отходами животных, насекомых и микрофлоры, оказывает прямое и опосредственное влияние на все режимы почвы, формируя среду обитания растений [129, 130, 132]. Доказано, что на гумус, как основную часть органического вещества почвы, оказывают влияние органические и минеральные удобрения, насыщенность севооборотов пропашными культурами, бобово-злаковыми травами и зернобобовыми культурами, включение в него чистого пара, уровень плодородия почвы, в т.ч. ее биологическая активность, наличие и активность штаммов и групп микроорганизмов не только фиксирующих азот атмосферы, но и разлагающих целлюлозу, лигнин и другие химические соединения, попадающие в почву с растительными остатками [39, 92, 97, 119, 122, 123, 124].

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 [124, 126, 128]. Данная технология предусматривает последовательное выполнение операций по основной обработке почвы, предпосевной обработке почвы, посеву сидеральной культуры и ее заделке в почву, что связано с высокими энерго- и трудозатратами, требует применения большого количества техники, растягиванием работ во времени. Объединение и одновременное выполнение ряда технологических процессов позволяет получить максимальный эффект и сократить энерго- и трудозатраты при их выполнении. Одновременное внесение органических удобрений и использование сидератов с целью расширенного воспроизводства плодородия почвы и ее обогащения органическим веществом, дает возможность устойчивого получения сельскохозяйственной продукции.

Для этого необходимы новые подходы к инженерному обеспечению биологизации земледелия. Возникает достаточно большой круг вопросов, направленных на создание новых технологий и технических средств механизации возделывания сельскохозяйственных культур.

Предлагается технология совмещения внутрипочвенного внесения ЖОУ и посева сидеральной культуры.

При использовании технологии внутрипочвенного внесения ЖОУ часть полезных питательных элементов испаряется и вымывается в нижележащие слои почвообразующей породы. При этом не происходит потребления значительной части питательных элементов. Кроме того, использование вносимых питательных веществ происходит не сразу. Применение сидератов в данном случае позволяет сократить потери питательных веществ и получить дополнительную биомассу для повышения плодородия почвы. Немаловажным является экологический аспект применения сидератов, позволяющих уменьшить негативное влияние внесения органических удобрений на экологию.

Реализация предлагаемой технологии предусматривает решение следующих технологических задач:

1. внутрпочвенное внесение ЖОУ;
2. закрытие поверхности почвы растениями (сидератами) для формирования в приземном слое благоприятных условий для активной деятельности микроорганизмов;
3. ускорение процесса использования питательных веществ, вносимых с органическими удобрениями;
4. обеспечение растений, используемых для сидерации, питательными элементами для формирования большей растительной массы;
5. прикатывание обработанной комбинированным агрегатом поверхности поля, для снижения площади испарения влаги и заделки высеваемых семян сидеральной культуры.

Данная технология реализуется созданием комбинированного орудия, в состав которого входят:

- входит шланговая система транспортировки ЖОУ;
- почвообрабатывающая машина, выполняющая рыхление почвы и заделку удобрений;
- сеялка, высевающая сидераты в поверхностный слой;
- зубовых каток для прикатывания почвы и заделки семян сидератов.

Каждый из элементов комбинированного агрегата имеет определённое технологическое назначение.

Внесение ЖОУ под сидеральную культуру позволяет:

1. обеспечить питательными элементами сидеральные культуры на период их роста и развития;
2. обеспечить питательными элементами следующую после сидератов сельскохозяйственную культуру;
3. повысить коэффициент использования питательных элементов из органических удобрений;

4. при заделке жидкого навоза внутрь почвы используется до 90% аммиачного азота удобрений;
5. ускорить разложение растительных остатков и сидератов после заделки их в почву;
6. использовать преминг-эффект при внесении азота удобрений как дополнительный источник для оптимизации азотного питания растений;
7. более равномерно распределить органические удобрения в почвенном слое;
8. исключается поверхностный сток и существенно снижается испарение аммиака в атмосферу;
9. Снизить экологическую напряженность внесения органических удобрений;
10. увеличить вегетативную массу сидеральных культур и увеличить накопление питательных элементов из нижележащих слоев почвы, в т.ч. и находящихся в форме, недоступной для питания большинства растений.

Посев сидеральных культур направлен на:

1. повышение плодородия почв;
2. предотвращение и предохранение почвы от водной и ветровой эрозии и сокращение потери питательных;
3. повышение использования солнечной энергии;
4. улучшение агрономически ценных свойств почвы;
5. обогащение почвы органическим веществом;
6. перераспределение питательных элементов по профилю почвы из нижних слоев в верхний, корнеобитаемый слой;
7. фитомелиорацию загрязнённых почв;
8. сокращение эмиссии углерода;
9. биологическое закрепление минерального азота и предотвращение его потери из почвы;
10. оптимизацию водного режима почвы и сокращение потери влаги из почвы;

11. активизацию микрофлоры почвы и создание для этого оптимальных режимов;
12. сокращение пестицидной нагрузки на почву и ее микрофлору;
13. обеспечение следующей после сидератов культуры питательными элементами, в т.ч. находящимися в недоступной форме для питания большинства растений;
14. повышение биоразнообразия используемых в севооборотах сельскохозяйственных культур;
15. повышение коэффициента использования питательных элементов из почвы и удобрений;
16. борьбу с сорным компонентом агроценоза;
17. повышение урожаев и улучшение качества продукции сельскохозяйственных культур;
18. повышение устойчивости агроэкосистемы;
19. активизацию процессов минерализации свежевнесенного органического вещества;
20. снижение температуры на поверхности почвы для сохранения биоразнообразия почвы.

Прикатывание посевов выполняет следующие задачи:

1. уменьшение испаряющей поверхности почвы для сохранения влаги и обеспечения ею микроорганизмов, разлагающих растительные остатки;
2. улучшения сцепления почвы и семян сидеральных культур для скорейшего их прорастания.

Выводы по главе

1. Проведен тягово-энергетический расчет орудия для внутрипочвенного внесения ЖОУ. На основании проведенных расчетов по описанной выше математической модели можно получить ряд теоретических зависимостей параметров, характеризующих агротехнические показатели

работы агрегата. По результатам экспериментальных исследований предложена эмпирическая зависимость для определения критической глубины резания чизельными лапами; приведены формулы для определения площади поперечного сечения пласта разрыхляемой почвы в виде трапеции. Определены координаты точки приложения равнодействующей сил сопротивления почвы на лапе. Суммарное тяговое сопротивление чизельных лап предложено рассчитывать по формуле, аналогичной формуле академика В.П. Горячкина для лемешно-отвальных плугов. Представлена расчётная схема сил, действующих на глубокорыхлитель при работе с трактором. Приведена формула расчета силы сопротивления F перемещению шланга за глубокорыхлителем.

2. Так как комбинированный агрегат конструируется на базе глубокорыхлителя необходимо определить места размещения отдельных рабочих машин на раме глубокорыхлителя, выбрать способ их крепления и выполнить необходимые прочностные расчеты.

Электропневматическая сеялка «ТП Турбо Джет Супер» может быть установлена на специальную площадку на раме глубокорыхлителя при помощи резьбовых соединений. Для расчета параметров резьбы необходимо определить силы, действующие в соединении. Заделывающий рабочий орган представляет собой зубовой каток, который шарнирно прикреплен к раме глубокорыхлителя в двух точках посредством пальцев. Два грядиля крепятся к раме катка при помощи шести болтов каждый. В данном случае соединительные пальцы работают на срез, а крепежные болты на растяжение.

3. Для реализации данной технологии соискателем на кафедре сельскохозяйственных машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева разработан опытный образец комбинированного культиватора-глубокорыхлителя для внутрипочвенного внесения жидкого навоза, в состав которого входят: шланговая система для транспортировки ЖОУ от места накопления на поле; чизельный глубокорыхлитель-щелеватель с катком, выполняющий рыхление почвы, инъекцию заданной дозы удобрений внутрь

почвы и выравнивание поверхности поля; пневматическая сеялка для одновременного высева промежуточной культуры (сидератов).

4. Внутрипочвенное внесение ЖОУ позволяет: максимально обеспечить питательными веществами выращиваемые культуры; использовать до 90% аммиачного азота содержащегося в жидком навозе; исключить поверхностный сток и существенно снизить испарение аммиака в атмосферу; ускорить разложение растительных остатков и сидератов после заделки их в почву; равномерно распределить органические удобрения на большую глубину (до 36...40 см) слоя почвы; снизить неблагоприятные экологические последствия внесения больших доз жидкого навоза. Доза внутрипочвенного внесения ЖОУ прямо пропорциональна следующим эксплуатационным параметрам: глубине установки чизельных лап, количеству лап на раме орудия, ширине открылков на лапах и обратно пропорциональна скорости движения агрегата.

5. 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. На чизельных лапах данной машины могут устанавливаться или сниматься открылки для увеличения или уменьшения площади поперечного сечения разрыхляемого пласта.

6. 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, предложен расчет их расхода через шланговую магистраль, распределительный узел и n рабочих органов.

7. При использовании технологии внутрпочвенного внесения ЖОУ часть полезных питательных элементов испаряется и вымывается в нижележащие слои почвообразующей породы. При этом не происходит потребления значительной части питательных элементов. Кроме того, использование вносимых питательных веществ происходит не сразу. Применение сидератов в данном случае позволяет сократить потери питательных веществ и получить дополнительную биомассу для повышения плодородия почвы. Немаловажным является экологический аспект применения сидератов, позволяющих уменьшить негативное влияние внесения органических удобрений на экологию.

8. Каждый из элементов комбинированного агрегата имеет определенное технологическое назначение.

9. Расчеты показывают, что для рассматриваемых чизельных лап максимальная критическая глубина резания почвы составляет $h_K = 36...38$ см при величине угла крошения (установки долота к горизонту) $\alpha = 25^\circ$.

10. Проведенный анализ показывает, что для условий работы, заданных значениями удельного сопротивления почвы $k_{Д} = 35$ кПа, глубины установки лап $a = 36$ см и скорости $v = 0,6...0,8$ м/с, потребное тяговое усилие трактора составляет $P_x = 70-72$ кН; для агрегата на базе трактора К-744 с чизельным глубокорыхлителем при внутрпочвенном внесении ЖОУ удельная энергоемкость технологического процесса составит $46...47$ кВт*ч/га без учета мощности насосной станции для прокачки органического удобрения через шланговую систему; определена оптимальная доза внесения ЖОУ внутрь почвы прямо пропорциональна количеству чизельных рабочих органов и глубине их установки, ширине открьлков на них и обратно пропорциональна скорости движения агрегата.

11. Проведенные расчеты показали, что для чизельных лап использованной конструкции на влажных тяжелых суглинистых и глинистых почвах критическая глубина составляет $h_K = 36...38$ см.

12. Анализ расчетов позволил определить, что увеличение ширины захвата орудия в целом и ширины открьлков чизельных лап обеспечивает прямо пропорциональное повышение доз внутрпчвенного внесения удобрений. При использовании орудия в 5-лаповом варианте с рабочими органами, имеющими открьлки шириной $b = 0,8$ м, максимальная доза внесения жидкого навоза составляет $Q = 80 \dots 90$ т/га, в 6-лаповом варианте – $Q = 110 \dots 120$ т/га при работе в диапазоне скоростей $0,5 \dots 0,8$ м/с.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ВЫСЕВА СИДЕРАТОВ

3.1. Условия проведения исследований

Экспериментальную работу проводили в 2019-2021 гг. в ЗАО «Тропарево» Московской области.

Объект исследований ЖОУ, сидераты, плодородие почвы, комбинированное сельскохозяйственное орудие.

Комбинированный агрегат для повышения плодородия почвы состоит из пневмоэлектрической сеялки для высева сидеральных культур, глубокорыхлителей, зубового катка для заделки семян, узла привязки для подачи ЖОУ, расходомера, позволяющего оценивать расход ЖОУ, дросселирующего устройства для изменения расхода, распределительного устройства, снабженного измельчителем.

3.2. Описание конструкции рабочих органов комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений

По разработанной РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева технологии внутрипочвенного внесения жидкого навоза с одновременным посевом сидеральной культуры, ООО Машиностроительным заводом «Поток» [34, 72, 73, 74, 75, 76] изготовлено опытное комбинированное орудие для глубокого внесения в почву ЖОУ с одновременным посевом семян сидеральных культур (рис. 3.1 и 3.2).

Конструкция орудия предусматривает ряд технологических регулировок. Для отработки технологии в различных почвенных условиях возможна установка двух типов рабочих органов: чизельных стоек с лапами, имеющими открьлки шириной 80 или 125 мм. На выбор может быть установлено 5 или 6 стоек с чизельными лапами. Имеется широкий диапазон

настройки глубины обработки и внутривспашечного внесения жидкого навоза (20...45 см).



Рисунок 3.1 - Опытный образец комбинированного агрегата для одновременного внесения жидкого навоза через шланговую систему и посева сидератов (вид сбоку)

Комбинированный агрегат оснащен расходомером ЖОУ и гидравлическим дроссельным устройством для регулировки нормы внесения. Это позволяет оценивать и регулировать процесс внесения удобрений. При внесении несепарированных ЖОУ используется разбрасыватель-дозатор, установленный в разбрасывающем узле. Обеспечивает стабильную и равномерную подачу ЖОУ к каждому из культивационных орудий. Норма высева семян сидеральных культур регулируется автоматически в зависимости от скорости машины. Когда машина разворачивает в конце поля, посев семян сидеральных культур автоматически останавливается.

Оценивая возможные направления дальнейших исследований предлагаемой технологии, можно констатировать необходимость разработки

рекомендаций по применению данного средства и определения рациональных технологических параметров для различных почвенных и экономических условий. Для использования предложенной технологии и предлагаемых средств в точном земледелии целесообразно разработать автоматизированную систему внутрипочвенного дозированного внесения ЖОУ и посева сидеральных культур с учетом картографирования полей и оценки урожайности.



Рисунок 3.2 - Опытный образец комбинированного агрегата для одновременного внесения жидкого навоза через шланговую систему и посева сидератов (вид сзади)

Технические требования

Для создания комбинированного агрегата для внутрипочвенного внесения ЖОУ с узлом привязки под шланговую систему и адаптацией под установку разбросной сеялки с условием доработки конструкции после испытаний были разработаны технические требования, которые приведены в Приложении М, Н и П.

3.3. Программа исследований

В процессе испытаний любая сельскохозяйственная техника подвергается следующим оценкам:

1. Общая инженерная оценка – это соответствие машины всей, представленной на неё заводской документации (техническому паспорту), т. е. проверяется степень конструкционного её совершенства (здесь проверяются габаритные размеры, распределение веса машины по опорам, определяется центр тяжести, предельный угол опрокидывания, состояние машины в процессе эксплуатации и т. д.).

2. Оценка качества выполнения технологических операций (проверяется производительность машины или агрегата, качество продукции в процессе выполнения машиной той или иной технологической операции, потери продукции и т. д.).

3. Оценка влияния на почву, растения и животных (это очень важная оценка, позволяющая исключить в будущем негативных экологических последствий).

4. Оценка безопасности и эргономики (понятно, что любая современная техника должна соответствовать всем современным требованиям по безопасности для обслуживающего персонала. В идеале, техника должна быть рассчитана просто, чтобы тем самым исключить влияние «человеческого фактора на безопасность». Кроме того, техника должна быть эргономичной. т.е. чтобы работа на ней не требовала от обслуживающего персонала больших затрат физического труда и не допускать психологической «нервной» перегрузки.

5. Энергетическая оценка – это сравнение реальной потребляемой мощности отдельных машин и механизмов, их энергозатрат на выполнение технологических операций с номинальными, заводскими энергетическими показателями.

6. Эксплуатационно-технологическая оценка - сравнение всех

основных эксплуатационных показателей машины (производительность, коэффициент подготовки машины к работе, коэффициент ежедневного технического обслуживания и т.п.).

7. Оценка надежности – определение во время реальных условий эксплуатации, а также и при специальных ускоренных испытаниях показателей безотказности, долговечности и ремонтпригодности машины).

8. Экономическая оценка – сравнение всех показателей приведённых затрат на выполнение определённого вида работ, с учётом их количества и качества, испытываемой техники с подобными показателями серийно выпускаемых машин.

И только в том случае, если все эти показатели новой техники, как минимум, в 30% больше существующей, то ее допускают к массовому серийному производству [21-24, 47, 48, 49, 50].

Как уже отмечалось, все виды оценки при испытаниях новой техники осуществляются экспериментальным путём, в процессе которого, определяются количественные связи между входными и выходными параметрами испытываемого объекта. Что в свою очередь выполняется путём измерения соответствующих физических величин.

Программа исследований включала следующие этапы работ:

- обоснование рационального совмещения технологических операций в одном проходе МТА;
- проведение исследований по определению фактических параметров и режимов работы МТА в производственных условиях.

Задачи экспериментальных исследований:

- определить условия проведения исследований;
- определить агротехнические и эксплуатационно-технологические показатели работы МТА [62].

3.4. Общая методика экспериментальных исследований

Для выполнения работ в соответствии с поставленными задачами применяли разработанную общую методику экспериментальных исследований, включающую методики определения:

- условий проведения исследований;
- основных агротехнических показателей;
- эксплуатационно-технологических показателей.

Требования общей методики распространяются на многофункциональные посевные агрегаты для посева зерновых культур, выполняющие за один проход: минимальную предпосевную обработку почвы с измельчением растительных остатков и уничтожением сорняков, посев с одновременным внесением удобрений и последующим прикатыванием почвы. Зная требования общей методики проведения исследований, подбирают необходимые для выполнения исследований приборы, оборудование и приспособления [61].

Полевой эксперимент согласно ГОСТ 31345–2007 проводили в реальных условиях [22].

Для снижения ошибки опыта с высокой точностью эксперимента необходимо увеличить количество повторностей опыта. Для определения необходимого количества повторностей использовали таблицу В.И. Романовского и формулу А.А. Высоцкого [27]:

$$W = \left(\frac{v}{m_o} \right)^2, \quad (3.1)$$

где v – коэффициент вариации, %;

m_o – точность опыта, %.

Методика определения условий проведения исследований

Оценку машин и машинно-тракторных агрегатов проводят согласно ГОСТ 20915-2011 в заданных сельскохозяйственных зонах с учетом характеристики конкретной зоны, правил выполнения механизированных

работ, а также условий эксплуатации МТА.

Показатели основных характерных условий для исследования многофункциональных посевных агрегатов определяли согласно ГОСТ 20915 (табл. 3.1) [37].

Таблица 3.1 – Основные показатели характерных условий исследований МПА (ГОСТ 20915), вид опыта – Лабораторно-полевой

Наименование показателя	Методы определения
Рельеф	п. 2.2
Микрорельеф	
Тип почвы и название по механическому составу	п. 3.1
Твердость почвы, МПа, в слоях, см: 0-5; 5-10; 10-15	п. 3.10
Влажность почвы, %, в слоях, см: 0-5; 5-10; 10-15	п. 3.6-3.7
Масса пожнивных остатков, г/м ²	п. 2.11-2.12
Предшественник и предшествующая обработка	Технологическая карга

Место для выполнения запланированных экспериментальных исследований необходимо выбирать в соответствии с программой согласно среднестатистическим показателям по региону: размерами участка, типом почвы и рельефом; сроки выполнения необходимо согласовывать с агротехническими требованиями. Размеры участков должны быть достаточными по длине гона.

В соответствии с агротехническими требованиями к посеву и внесению жидких удобрений устанавливали технологические настройки многофункционального посевного агрегата (глубина предпосевной обработки почвы, гребнистость, норма высева, глубина заделки семян для каждой культуры, доза внесения удобрений).

Исследования по работе многофункционального посевного агрегата проводили на скоростях движения от 1 до 3 м/с - агротехнически допустимые согласно требованиям, предъявляемым инструкцией по эксплуатации сеялки.

До проведения опытов необходимо определить основные характеристики опытных участков: агрегатный состав почвы по стандартной методике, тип почвы [37].

Агрегатный состав почвы определяли методом "сухого" агрегатного анализа, для чего среднюю пробу просеивали через колонку сит с диаметром 10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5 мм. Содержание в почве каждой фракции А в % вычисляли по формуле

$$A = \frac{m_0}{m_1} \cdot 100 \%, \quad (3.2)$$

где m_0 – масса данной фракции грунта, г;

m_1 – масса средней пробы грунта, взятой для анализа, г.

По результатам агрегатного анализа вычислили коэффициент структурности (К) – отношение количества агрегатов величиной 1-10 мм к суммарному содержанию агрегатов менее 1 и более 10 мм (в %) [4]. Повторность опыта – пятикратная.

Для проведения достоверных полевых исследований агрегата выбирают участок с ровным рельефом.

Влажность почвы измеряли, используя специальный бур для отбора мерных по объему проб почвы с глубины до 100 см и интервалами по высоте между пробами 5 см. Пробы отбирали по диагональной линии опытного участка через каждые 20 м в слоях почвы 0-5, 5-10, 10-15 см. Общее количество точек отбора – не менее 5 измерений в каждом слое почвы. Отбор почв проводят перед проходом испытываемого агрегата и после [61].

Для проведения исследований по определению влажности почвы использовали прибор «Эвла-С», изготовленный НПП «ЮгАгроПрибор» (г. Ставрополь) (рис. 3.3).

Влагомер «Эвла-С» соответствует требованиям ГОСТ 12997-84 и требованиям технических условий САРК.404724.007 ТУ. Прибор прошел Государственную сертификацию: свидетельство о поверке № 19/1028.

Работа данного прибора основывается на традиционной методике определения влажности – отношение массы содержащейся в почве влаги к массе абсолютно сухой почвы, выраженное в процентах.

$$W_a = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100 \% \quad (3.3)$$

где W_a – влажность почвы, %;

m_b – масса образца влажной почвы, кг;

m_c – масса образца сухой почвы, кг.



Рисунок 3.3 - Прибор «Эвла-С» (НПП «ЮгАгроПрибор», г. Ставрополь)

Прибор работает от сети питания. Перед началом выполнения измерений выполняют холостой прогрев прибора в течение 10 минут. После открывают испарительную камеру, на платформу весов устанавливают алюминиевую тарелочку с двумя бумажными фильтрами. Обнуляют весы; проводят поверку, устанавливая мерную гирьку из комплекта Г-4-211,10 ГОСТ 7328–73 массой 0,01 кг на тарелочку поверх бумажных фильтров; кнопкой «изменить»

на электронном табло устанавливают соответствующее массе гирьки значение «10.00»; между слоями бумажных фильтров размещают исследуемую почву (достаточно 0,006 кг); испарительную камеру закрывают. В память прибора вводят параметры: режим работы «023», параметр нагрева – «0,90», что соответствует температуре нагрева 105 °С, время измерения 10 мин. За 10 минут будет обеспечено эффективное испарение влаги и исключено выгорание органических элементов почвы. Нажимают кнопку «измерение», чтобы запустить процесс измерения. Прибор показывает измеренное значение влажности с точностью до 0,02% в режиме «влажность образца» [35].

Твердость почвы определяли плотномером конструкции Ю.Ю. Ревякина (рис. 3.4). Повторность – пятикратная. Плотномер тарировали до и после проведения работ [4, 89]. Твердость почвы подсчитывали по формуле

$$p = \frac{h_o \cdot k_n}{f}, \quad (3.4)$$

где p – твердость почвы, кг/см²;

h_o – величина средней ординаты диаграммы, определяемая как среднее арифметическое ряда ординат, см;

k_n – масштаб пружины, кг/см;

f – площадь поперечного сечения плунжера, см².

Гребнистость поверхности поля определяют по результатам измерений высоты гребней. Высоту гребней измеряют с помощью рейки и линейки. После прохода агрегата по ширине захвата накладывают рейку на вершины гребней в местах, выбранных случайным образом.

Измерения проводят от дна борозды между гребнями до нижней плоскости рейки. Погрешность измерений не более ±5 мм. Всего измерений не менее 40.

Перед проходом испытуемого агрегата определяли засоренность опытных участков сорными растениями. Размеры учетных делянок: длина - 0,5 м по ходу агрегата; ширина = ширина захвата МТА. Измерения проводили

в четырехкратной повторности: два в направлении МТА «туда» и два в направлении МТА «обратно». На учетных делянках считали количество сорных растений и измеряли их высоту (10-12 измерений высоты сорняков на участок с погрешностью не более $\pm 0,5$ см) [33].



Рисунок 3.4 - Определение твердости почвы

Размер семян определяли в трех плоскостях (длина, ширина и толщина) с использованием штангенциркуля типа ШЦЦ-I ГОСТ 24156-02 класса точности 2 (рис. 3.5). Исследования проводили в 50-ти кратной повторности.

Влажность посевного материала определяли используя влагомер МГ-4. Массу 1000 семян определяли взвешивая партии зерен на электронных весах ВЭУ-6-1/2 в трехкратной повторности.



Рисунок 3.5 - Электронный штангенциркуль с цифровым отсчетным устройством типа ШЦЦ-I ГОСТ 24156–02

Значения коэффициентов трения покоя $f_{\text{п}}$ и скольжения $f_{\text{с}}$ определяли, используя лабораторную установку (рис. 3.6). Для определения коэффициента трения покоя на наклонной площадке закрепляли образец материала, из которого изготовлен рабочий орган (лист стали). Площадке придавали угол, меньше угла статического трения. Затем поворачивали ее, по угломеру фиксировали значения углов, при которых начиналось движение пробы. Опыты проводили в трехкратной повторности. Определенные в ходе опыта углы являются углами трения покоя $\varphi_{\text{п}}$. Зная угол $\varphi_{\text{п}}$, можно определить коэффициент трения.

Установка состоит из плоскости 1, на которой размещается емкость с туками 5, плоскость 1 шарнирно закреплена на раме 2. Наклонная плоскость оборудована сменными стальной и пластиковой (ABS пластик) поверхностями. Угол наклона регистрируют угломером лабораторным 4, неподвижно закрепленным на плоскости 1. Установка оснащена электронным секундомером 3, датчиками управления 7, 8 [76].

Коэффициент трения покоя образцов семян 5 определяли следующим образом: на горизонтально установленную плоскость 1, помещали образцы семян и плавно наклоняли плоскость до момента начала движения образцов. В этот момент с помощью транспортира фиксировали угол $\zeta_{\text{н}}$ наклона плоскости. Определение коэффициента трения покоя семян проводили как с пластиковой, так и со стальной поверхностями [76].

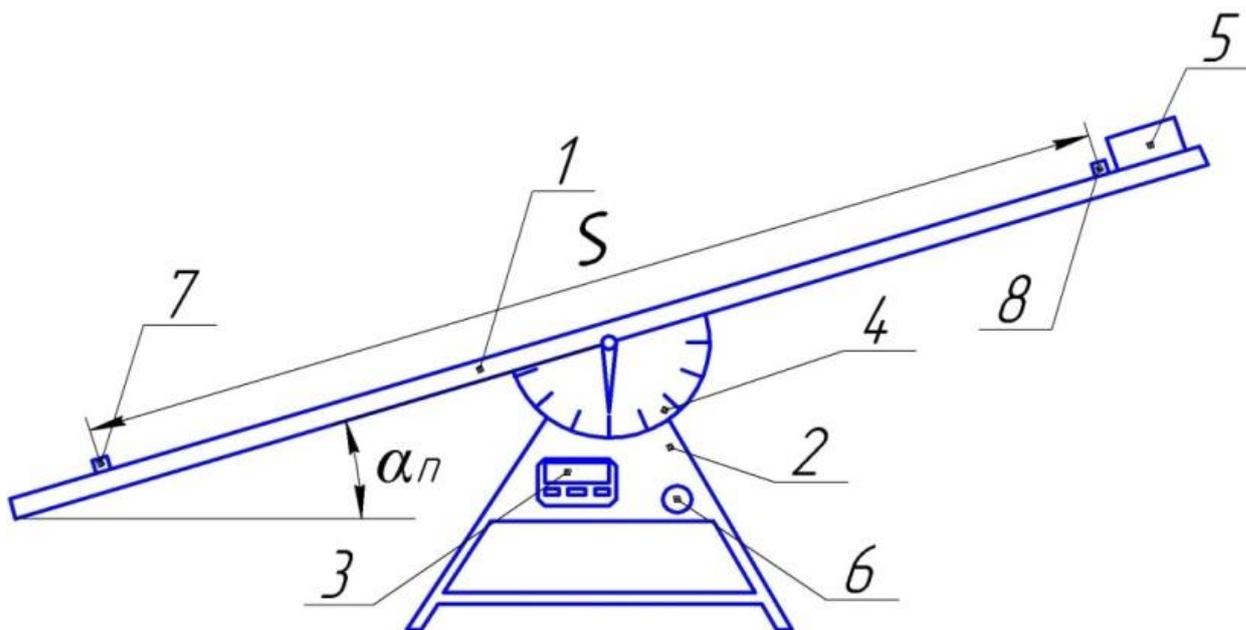


Рисунок 3.6 - Схема лабораторной установки:
 1 – плоскость наклонная; 2 – рама; 3 – секундомер; 4 – угломер лабораторный; 5 – емкость с испытуемыми туками; 6 – выключатель; 7, 8 – датчики управления

Тангенс максимального угла ζ_n равен коэффициенту трения покоя f_n .

Коэффициент трения движения семян по поверхности со скоростью, определяли применяя дифференциальное уравнение движения тела по наклонной плоскости:

$$m \cdot \frac{d^2 S}{dt_{\Pi}^2} = mg \cdot \sin \zeta - f_{ck} \cdot mg \cdot \cos \zeta \quad (3.5)$$

После интегрирования уравнения получим

$$f_{ck} = \operatorname{tg} \zeta - \frac{2S}{gt_{\Pi}^2 \cos \zeta}, \quad (3.6)$$

где ζ – угол наклона плоскости при движении образца семян;

S – путь, пройденный образцом семян за время эксперимента, м;

t_{Π} – время, за которое образец семян прошел путь S , с;

f_{ck} – коэффициент трения движения.

Коэффициенты внутреннего трения семян определяют в зависимости от угла α_n наклонной плоскости, с закрепленными на поверхности сменных

пластин семенами в один слой на лабораторной установке. Опыты проводили в десятикратной повторности [76].

Определив характеристики участка и условия проведения полевых исследований, осуществляли исследования МТА, связанные с выполнением технологического процесса, установив оптимальный регулировочный режим работы применительно к условиям конкретного хозяйства и согласно агротехническим требованиям. Регулировки проводили на участке со схожим агрофоном, типом почвы и рельефом [61].

Методика определения основных агротехнических показателей

Агротехническая оценка работы машинно-тракторного агрегата проводилась в оптимальные агротехнические сроки, чтобы исключить ошибку и уменьшить погрешность опытов. Функциональные показатели качества проведения исследований многофункциональных посевных агрегатов при агротехнической оценке определяли согласно ГОСТ 31345 [22] и СТО АИСТ 4.2 (табл.3.2).

Таблица 3.2 – Агротехнические показатели при исследованиях МТА, вид опыта – лабораторно-полевой

Наименование показателя	Методы определения
Ширина захвата (рабочая), м	СТО АИСТ 4.2, н. 6.2.2.1
Глубина обработки почвы, см	СТО АИСТ 4.2, п. 6.2.2.2
Отклонение глубины обработки почвы (стандартное), ±см	
Норма высева семян (удобрений), кг/га: - заданная - фактическая	ГОСТ 31345, п. 6.4.3.3 [22]
Глубина заделки семян, мм (установочная; средняя); - стандартное отклонение, мм - коэффициент вариации, %	ГОСТ 31345, п. 6.4.3.4-6.4.4.4 [22]
Глубина заделки удобрений, мм	ГОСТ 31345, п. 6.4.3.4-6.4.4.4 [22]
Доля семян, заделанных в предусмотренном слое $M_{ср} \pm 10$ мм (количественная), %	
Количество не заделанных в почву семян, шт./м ²	ГОСТ 31345, п. 6.4.4.7 [22]

С помощью комбинированного агрегата для повышения плодородия почвы выполняется нарезка щелей, внесение жидких органических удобрений, посев и прикатывание с выравниванием.

Глубину обработки почвы рыхлителями измеряли по следу прохода стоек рабочих органов в 50 точках с интервалом 1 м при прямом и обратном ходах агрегата. Допустимая погрешность измерений ± 1 см [22].

Контролировать объем введения жидкого навоза в корнеобитаемые слои почвы можно используя определение продуктивности насосной станции, занятой перекачкой органики из хранилищ непосредственно к полю. Скорость движения техники во время проведения расчетов сохраняется постоянной до завершения измерительных мероприятий.

В нашем варианте контроль объема введения жидкого навоза в корнеобитаемые слои почвы осуществлялся с помощью расходомера, а изменение расхода выполняется с помощью специального дросселирующего устройства.

Сеялка оснащена электрическим вентилятором, рекомендованным для мелких семян и обеспечивающим норму высева 4 кг/мин.

Для регулирования потока семян расстояние между щеткой и распределительным ротором регулируется с помощью рычага (А) (рис. 3.7), прикрепленного к раме сеялки. Рычаг может быть отрегулирован на шкале (В) от -5 (положение закрытое) до +4 (положение, наиболее удаленное от ротора).

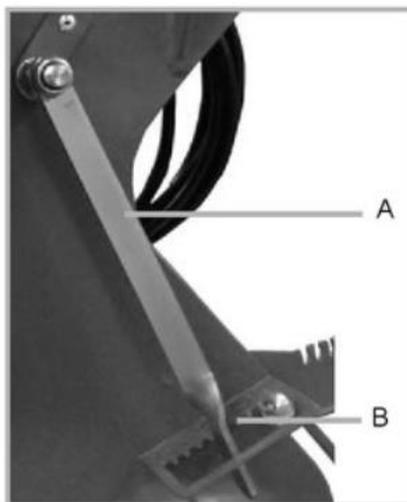


Рисунок 3.7 - Механизм регулировки потока семян

Эти регулировки позволяют регулировать поток в соответствии с весом семян.

Модуль управления сеялкой находится в кабине тракториста.

Методика определения эксплуатационно-технологических показателей

В соответствии с ОСТ 102.2-2002 определяли энергетические показатели работы агрегата: рабочая скорость; время работы; тяговое сопротивление; расход топлива; удельный расход топлива; удельные энергозатраты; мощность, затрачиваемая на самопередвижение агрегата и преодоление тягового сопротивления; буксование; потери мощности на буксование; коэффициент использования мощности двигателя) [42].

Эксплуатационно-технологическую оценку машинно-тракторных агрегатов выполняли в соответствии с общими положениями, согласно ГОСТ Р 52778 (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Эксплуатационно-технологические показатели МТА, вид опыта - полевой

Наименование показателя	Методы определения
Скорость движения МТА, км/ч	ГОСТ Р 52778
Производительность МТА за 1 час работы (га): – основного времени – сменного времени	
Удельный расход топлива за время сменной работы, кг/га	
Количество обслуживающего персонала, чел.	

Скорость движения агрегата определялся по установленному в кабину трактора GPS навигатора, с функцией записи максимальной, средней и минимальной скорости.

Расход топлива определяли с помощью топливозаправочного модуля, установленного на специально оборудованный автомобильный прицеп; оборудование предназначено для учета и нормирования расхода топлива во время проведения эксплуатационно-технологической оценки методом долива топлива без вмешательства в топливную систему испытуемого агрегата.

Определение расхода топлива осуществляли в трех контрольных сменах. Перед началом смены доливали топливо до полного топливного бака. По окончании смены снова, доливали до полного топливного бака, фиксируя его объем по прибору мобильного заправщика топлива. Показатели качества выполнения технологического процесса определяли согласно агротехнической оценке. Обслуживающий персонал независимо от условий исследований и параметров МПА оставался неизменным и состоял из одного механизатора [5, 33].

Производительность МТА за 1 ч основного времени W_0 , га/ч,

$$W_0 = \frac{F}{T_{см 1}} \quad (3.7)$$

где F – объем работы за контрольную смену, га;

$T_{см}$ – фактическое основное время работы за контрольную смену, ч.

Производительность за 1 ч сменного времени $W_{см}$, га/ч, вычисляют по формуле:

$$W_{см} = W_0 \tau, \quad (3.8)$$

где τ – коэффициент использования сменного времени за контрольную смену, ч.

Коэффициент использования сменного времени за контрольную смену τ , вычисляют по формуле:

$$\tau = \frac{T_0}{T_{см}} \quad (3.9)$$

где T_0 – основное время, приведенное к нормативной продолжительности смены, ч;

$T_{см}$ – время нормативной смены, ч.

Удельный расход топлива агрегата q_T , кг/га, вычисляют по формуле:

$$q_T = \frac{Q_{тех}}{F} \quad (3.10)$$

где $Q_{тех}$ – общий расход топлива за технологическое время контрольной смены, кг.

В соответствии с ОСТ 102-2-2002 Методы энергетической оценки

проводили энергетическую оценку работы агрегата. Все средства измерения для энергетической оценки работы агрегатов прошли калибровку в соответствии с ПР-50.2.016-94 [42].

Тяговое сопротивление определяли используя тензозвено с максимальным пределом измерений до 10 тонн. Тензозвено тарировали по стандартной методике с учетом пределов его измерения [42, 62].

Тарировку тензозвена выполняли в его ступенчатом нагружении разрывной силой, которую создавали вращением маховика универсальной разрывной машины, и фиксации соответствующего нагрузке значения разбалансировки моста тензозвена, которое определяется моделем крейта и записывается в файл испытания на компьютере. Опыт проводили в трех повторностях. По результатам испытания создавали график зависимости нагружающей силы от напряжения разбалансировки тензомоста и таблицу результатов, согласно которым, в соответствии со стандартными методиками, подобрали коэффициенты полинома первой степени, позволяющие аналитически описать обозначенные зависимости [42, 62].

Рабочая ширина захвата замерялась как расстояние между крайними рабочими органами посевного комплекса.

Методика обработки полученных экспериментальных данных

Планирование эксперимента позволяет определить оптимальные параметры объекта исследований при условии взаимодействия факторов при меньшем числе опытов и предусматривает определение рационального числа опытов, которые необходимо провести по заранее составленной схеме, с целью изучения влияния факторов на выбранный параметр оптимизации [4, 27, 35].

Основной задачей математического планирования эксперимента является получение статистической математической модели объекта исследований в виде полинома (уравнения) первой или второй степени. Общий ход построения и последующего использования математической модели исследуемого объекта сводится к следующему:

- а) производится предварительное изучение объекта;
- б) выбираются параметры, выявляются факторы, оказывающие наибольшее влияние, и строится матрица планирования;
- в) производится оценка адекватности полученной математической модели и ее интерпретация, т. е. распознавание ее геометрического образца;
- г) модель используется в ходе оптимизации параметров исследуемого объекта.

Последовательность проведения опытов определяли матрицей планирования ортогонального центрального композиционного эксперимента второго порядка для двух факторов. Обработку полученных экспериментальных данных производили по известным формулам математической статистики [4, 27, 35].

Для получения математической модели использовали метод планирования эксперимента.

В процессе планирования экспериментов был проведен анализа литературы по теме, были изучены материалы ГОСТов и ОСТов в отношении машин для посева и процесса высева сельскохозяйственных культур: ГОСТ 26711-89 – Сеялки тракторные/ Общие технические требования [21]. ГОСТ 31345-2007 – Сеялки тракторные. Методы испытаний [22]. ОСТ 10.5.1-2000 – Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные. Методы оценки функциональных показателей [23]. ГОСТ 12036-85 – Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб [24].

Полученные данные позволили нам выяснить основные требования, применяемые к семенам исследуемых культур, их физические и технологические свойства, размеры, норму высева семян, геометрические параметры их распределения на поле. Все полученные данные необходимы для проведения дальнейших полевых опытов [4, 27, 35].

Алгоритм проведения полевых опытов, методики и планирования экспериментов в исследовании процессов высева сельскохозяйственных

культур описан в трудах Доспехова Б.А., Мельникова С.В., Алешина В.Ф., Рощина П.М., Хайлиса Г.А., Ковалева М.М. [13, 17, 27, 35, 57, 88].

На основе проведенных исследований полученные экспериментальные данные обобщены в виде протоколов, журналов наблюдений и таблиц хронометражных наблюдений. В результате обработки и анализа экспериментальных данных использовались следующие выборочные характеристики [4, 27, 35]:

– математическое ожидание:

$$M(x) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.11)$$

где X_i – характеристика измеряемой величины;

n – число измерений;

– дисперсия:

$$D(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M(x))^2}{n-1} \quad (3.12)$$

– среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma(x) = \sqrt{D(x)} \quad (3.13)$$

– ошибка средней:

$$s = \frac{\sigma(x)}{\sqrt{n}} \quad (3.14)$$

– относительная ошибка

$$s\% = \frac{s}{M(x)} \cdot 100 \quad (3.15)$$

После расчетов по вышеприведенным формулам определялся 95%-й доверительный интервал для среднего значения:

$$M(x) \pm t_{0,05} \quad (3.16)$$

где $t_{0,05}$ – критерий Стьюдента.

Исходя из пределов доверительного интервала исключали промахи (грубые ошибки).

3.5. Разработка методики агротехнической оценки комбинированного агрегата для внутривспашечного внесения удобрений и посева сидеральной культуры

Агротехническую оценку при испытаниях машинах проводят в оптимальные агротехнические сроки для данной зоны [61]. Показатели агротехнической оценки при испытании с. х. машин делят на три основные группы:

1) **Технологические возможности машины**, к которым относятся:

А) предельные показатели агротехнического фона;

Б) показатели режимов работы машины;

В) показатели технологических характеристик условий проведения испытаний, такие как: плотность и неровность почвы, засоренность поля сорняками, скорость движения, влажность обрабатываемого материала, пропускная способность, урожайность культуры и т. д. [61].

2) **Качество выполнения машиной технологического процесса** в типичных зональных условиях при оптимальных и допустимых предельных режимах работы, которое регламентируется исходными требованиями на каждый тип машины;

3) **Показатели стабильности выполнения технологического процесса** в разных зональных и эксплуатационных условиях.

Агротехническая оценка машины включает в себе проведение таких видов работ:

1) определение условий проведения испытаний;

2) выбор режимов работы;

3) определение показателей качества работы.

К условиям проведения испытаний относятся [61]:

1) метеорологические условия, т.е. температура воздуха, относительная влажность воздуха, осадки, скорость ветра, атмосферное давление;

2) характеристики поля или участка, т.е. рельеф поля (участка), микрорельеф участка, засоренность посевов и почвы сорняками и камнями, толщина пласта дерна и степень связанности дерна;

3) характеристика почвы, т.е. тип почвы и название по механическому составу, фракционный состав почвы, влажность и плотность почвы в заданном пласте, плотность почвы;

4) параметры посевного материала – влажность семян, их фракционный состав, засоренность посторонними примесями и т. д.

При выборе режимов работы границы изменения определяли [61]:

1) глубину хода рабочих органов;
2) скорость движения агрегата;
3) кинематические, гидравлические и электрические режимы работы;
4) физические величины зачетных участков для испытаний или объема материала, который поступает на обработку и т. п.;

5) необходимое количество проб для проведения испытаний на одном режиме;

6) другие специфические величины, характерные для режимов работы данного типа испытываемой машины.

Показатели качества работы включают функциональные показатели качества выполнения технологического процесса.

При проведении испытаний различают такие основные показатели качества работы, которые характеризуют другую основную группу агротехнической оценки [61]:

1) при испытании почвообрабатывающих машин определяли возможность получения необходимого качества обработки почвы, т. е.:

- А) степень рыхления почвы;
- Б) глубина обработки и ее равномерность;
- В) ширина захвата;
- Г) гребнистость полученной поверхности;
- Д) степень заделки;

Е) скорость движения агрегата;

Ж) тяговое сопротивление машины.

2) во время испытания работы посевных машин определяли два положения – мера удовлетворения исходным требованиям и требованиям хозяйственно-экономическим, при этом контролируют такие показатели:

А) скорость движения агрегата;

Б) равномерность глубины заделки семян (рассады);

В) норму высева и посадки;

Г) ширину основных и стыковых междурядий.

Общая характеристика внешних условий

Важное условие правильного планирования и проведения испытаний сельскохозяйственной техники - наличие достоверной информации о природно-производственных условиях, относящихся к объективным факторам условия проведения испытаний, в значительной мере определяющих общие закономерности эксплуатационно-технологических процессов работы [61].

Во-первых, важно учитывать главные факторы, которые характеризуют природно-климатические и производственные условия, влияющие на тяговые свойства и рабочее сопротивление машин, режимы работы агрегатов и технологию выполнения рабочего процесса.

На показатели работы мобильных агрегатов значительное влияние оказывают факторы природно-производственных и метео-климатических условий, физическое состояние почвы и обрабатываемой биологической массы, микро – и макрорельеф экспериментальных полей и исследовательских участков, их размеры, и т. д.

Поскольку статистический метод предполагает работу с большим объемом необходимых данных, количество и место определения показателей необходимо планировать методом случайных испытаний, использовать при этом таблицу случайных чисел, учитывая при этом типичные условия и их

крайние (экстремальные) отклонения. Методической основой является использование теории случайных функций и полей [61].

Показатели, характеризующие почвенные условия помимо суточных и годовых (сезонных) колебаний, ощущают крупномасштабные природные факторы, которые зависят от величины усредненного интервала, который существенно затрудняют их статистический анализ и учет при эксперименте.

Не достаточно ограничиться только наблюдением, которое относится к конкретному периоду года, например, сезоны уборки, период суток (световой день) и синоптическим условиям, так как при усреднении интервала средние значения исследуемых величин, которые будут относительно постоянными, что позволит проследить временную и количественную структуру таких процессов, как физическое состояние почвы, верхнего пласта воздуха и других процессов [61].

Динамика влажности почвы, в отдельных случаях может иметь некоторую приближенно-периодическую составную, зависящую от степени и периодичности выпадения атмосферных осадков. Но может наблюдаться монотонное изменение составной, например, при продолжительном выпадении незначительных осадков или высушивании почвы.

Известно, что плотность распределения основных характеристик физического состояния почвы при пространственно-временном наблюдении изменяется по нормальному закону.

Плотность и влажность почвы, которая характерна для периода ее обработки (8-24% влажности), имеет линейный характер, и лишь в зоне ее экстремальных характеристик – при влажности 26-30%, и сухости 2-6% почвы, эта линейность поднимается.

Характеристики поверхности почвы имеют важное значение для исследований динамики рабочих процессов энергетики необходимых агрегатов.

Достаточно стабильные, данные используются из известных справочников «Агрочувственное районирование».

Характеризуют поверхность почвы: высота неровностей, углы склонов поверхности поля по отношению к горизонтальной плоскости, при этом неровности имеют нормальный закон распределения, а углы склонов площади поля – степенной.

При оценке технологических схем и исследовании эксплуатационных показателей работы уборочных комплексов необходимы характеристики распределения урожая по площади, при этом средний уровень урожайности изменяется плавно по площади поля [61].

Характеристика поля или участка

Рельеф участка при испытаниях с.- х. машин на склонах определяют с помощью эклиметра или нивелира. Рельеф участка сначала определяют визуально по описаниям склонов и их характерных особенностей, микрорельеф участка определяют профилографом или координатной рейкой на характерной части поля (участка) [61].

Для с.-х. машин необходимо определять поперечный профиль поверхности поля (перпендикулярный движению) и продольный.

Поперечной профиль необходимо определять по всей ширине захвата агрегата. На установленные на участке два регулируемых штыря кладут координатную линейку с делениями по уровню горизонтальном положении и определяют расстояние от поверхности почвы до верхней стороны координатной рейки. Потом по полученным данным через каждые 5 см строят график профиля поля (участка).

Для почвообрабатывающих машин необходимо определять профиль для борозды. По полученным данным измерений вычеркивают поперечный и продольный профили [61].

Современные методы измерения участка или поля осуществляются по результатам измерения ортопланов с беспилотных летательных аппаратов.

Засоренность посевов и почвы определяют количественным и весовым методом на учетных площадях, равномерно расположенных на участке (по диагонали или длине прохода машины).

Возможно, определять засоренность только одним из методов в зависимости от влияния ее на технологический процесс работы машины.

Измерение и учет количества сорняков проводили в отдельности по каждой площади.

Количество учетных площадей и их размер определяют в зависимости от назначения машины или технологического приема согласно таблице 3.4.

Таблица 3.4. – Определение количества учетных площадей и их размер в зависимости от назначения машин или технологического приема

Назначение машин или технологического приема	Количество учетных площадей
Почвообрабатывающие машины Ширина равняется ширине захвата Длина 0,5 м	5-6
Машины для уборки зерновых колосовых культур, риса, гороха и других культур узкорядного посева Ширина и длина 0,5 м	10
Машина для уборки пропашных культур Ширина равняется двум междурядьям. Длина 10 м	5
Технологические приемы для выращивания зерновых колосовых культур и других культур узкорядного посева Ширина и длина 0,5 м	20
Технологические приемы для выращивания пропашных культур Ширина равняется двум междурядьям. Длина 10 м.	20
Машина для уборки сахарной свеклы, картофеля 1м ²	5-6

Засоренность почвы камнями определяли по следующей схеме учитывающей количество камней на поверхности почвы и на максимальной глубине обработки рабочими органами испытываемой машины. Засоренность почвы камнями определяли количеству, диаметру и массе на площадях 1м² с точностью $\pm 0,1$ кг на глубине обработки при испытаниях почвообрабатывающих и уборочных машин. Собранные камни взвешивали и измеряли их, как среднее арифметическое в трех взаимно перпендикулярных плоскостях [33].

Для машин, которые собирают наземную часть урожая - по количеству на площадях длиной 1 м и шириной, равной ширине захвата. Опыт повторяют 5 раз.

Засоренность почвы семенем сорных растений (сорняков) выполняют отбором проб с помощью специального бура с разрезами. Отбор повторяют 5 раз по диагонали участка через равные промежутки. Расчеты проводят по общепринятым методам [33].

Характеристики почвы и методы их определения

По почвенной карте хозяйства или района где проводятся испытание определяли тип почвы и его название по механическому составу.

В зависимости от величины комков (агрегатного состояния) почву разделяют на фракции:

- крупноглыбистая - больше 100 мм;
- глыбистая - 50,1...100 мм;
- мелкоглыбистая - 10,1...50 мм;
- крупнокомковатая - 7,1...10 мм;
- комковатая - 5,1...7 мм;
- мелкокомковатая - 3,1...5 мм;
- зернистая - 1,1...3 мм;
- мелкозернистая - 0,25...1 мм;
- пылевидная - меньше 0,25 мм.

Для определения агрегатного состояния почвы выполняют:

1) из пласта толщиной, равной глубине хода рабочих органов машины по диагонали участка отбирают 5 проб почвы массой не менее 2,5 кг;

2) высушивают почву отобранной пробы до воздушно-сухого состояния;

3) высушенную почву необходимо просеять через набор сит с отверстиями 10; 7,5; 3; 2; 1; 5 и 0,25 мм без динамических нагрузок (без встряхивания), постепенно снимая одно сито за другим, по мере прохода через каждое сито всех мелких почвенных фракций;

4) комки почвы больше 10 г из верхнего решета распределяют вручную на три фракции – мелкоглыбистую, глыбистую, крупноглыбистую;

5) все фракции взвешивают и подсчитывают их процентное отношение ко всей массе взятой пробы [89, 100].

Отбор проб почвы на влажность выполняли с помощью бура, образцы отбирали по диагонали участка на заданном пласте почвы в пятикратной повторности. Глубину отбора проб и количество слоев для отбора проб устанавливали с учетом назначения машины. Чаще всего, пласты почвы равномерно распределяли на три части относительно глубины хода рабочих органов машины, например, 0-10 см; 10-20 см и т. д.

Для определения влажности почвы образец почвы из выбранного буром пласта высыпали в тару (коробку, фанеру), тщательно перемешивали почву, высыпали почву массой 30-40 г в два алюминиевых бюкса (стаканчика); закрывали специальной крышкой для перевозки в лабораторию, где бюксы взвешивали, снимали крышки и помещали в сушильный шкаф для высушивания пробы почвы при температуре +105°C на протяжении 8 часов; после высушивания устанавливали в специальные охладители на 15-20 мин.; затем снова взвешивали.

Вычитая из массы стаканчика с почвой после и массы стаканчика с почвой до сушки определяют количество воды, оказавшееся в пробном образце почвы; вычитая из массы стаканчика с высушенной почвой массу пустого стаканчика определяют массу самого стаканчика и массу высушенной почвы;

Определяли абсолютную влажность $W\%$ почвы по формуле:

$$W = \frac{a}{b} 100 \quad ,$$

где: а – масса воды, которая испарилась;

в – масса абсолютно сухой почвы.

В тех же пластах, где определяли влажность, с помощью почвенного плотномера определяли плотность почвы.

Среднее значение плотности почвы рассчитывали как среднеарифметическое пяти опытов во всех пластах почвы, из которой брали пробы.

Плотность почвы определяли следующим образом:

- 1) устанавливали записывающее устройство плотномера (карандаш и т. п.) на нулевую линию;
- 2) углубляли плунжер плотномера в почву на необходимую глубину измерения;
- 3) снимали диаграмму плотности, которую записал карандаш;
- 4) определяли величину средней ординаты диаграммы;
- 5) определяли плотность почвы P в $\text{кг}/\text{см}^2$ по формуле:

$$P = \frac{h_{\text{ср}}q}{S},$$

где $h_{\text{ср}}$ – величина средней ординаты диаграммы;

q – масштаб пружины;

S – площадь поперечного разреза плунжера.

Среднюю ординату $h_{\text{ср}}$ определяли измерением ряда ординат через 1 см длины полученной диаграммы и подсчетом их среднего арифметического значения.

Измерением ряда ординат через 1 см длины полученной диаграммы и подсчетом их среднего арифметического значения определяли среднюю ординату $h_{\text{ср}}$.

Определяли плотность почвы, используя специальный бур. Углублять бур в почву необходимо в перпендикулярном направлении.

Порядок определения плотности почвы такой:

- 1) вдавить бур на необходимую глубину;
- 2) вдавленный бур несколько раз поворачивают на некоторый угол «вправо-влево» и вынимают из почвы;
- 3) лишнюю часть пробы срезают ножом по уровню края бура;
- 4) взятый образец почвы взвешивают и высушивают при температуре 105°C до постоянной массы;

5) определяли массу абсолютно сухой почвы в объеме всего бура по массе пробы до высушивания и массе абсолютно сухой почвы после высухания;

6) определяли объем взятого образца путем перемножения площади режущей части бура на его высоту;

7) определяют по формуле:

$$\rho = \frac{b}{V}$$

где:

ρ – плотность почвы (г/см³);

b – масса абсолютно сухой почвы из всего бура, г;

V – объем образца взятой пробы, см³.

Пробы на плотность почвы необходимо отбирать по диагонали в зоне определения влажности и плотности почвы в пяти точках участка.

Общая характеристика культуры – определение некоторых специфических параметров культуры, на посевах которой будут проведены испытания посевных машин на делянках, предназначенных для проведения лабораторно-полевых испытаний.

Основные параметры общей характеристики культуры:

- 1) наименование культуры, ее сорт;
- 2) биологическая урожайность;
- 3) физиологические (агротехнические) особенности растений (семян);
- 4) физико-механические свойства полученного материала;
- 5) распределение растений по исследуемому участку, в рядке и т. д. [35].

Методы определения метеорологических условий

К основным показателям метеорологических условий относятся: температура, осадки, относительная влажность воздуха, скорость ветра. Данные метеоусловий необходимо взяты на ближайшей к месту проведения лабораторно-полевых испытаний метеорологической станции (посте).

Полученные конкретные метеорологические условия необходимо

занести в специальные формы в виде таблиц, для определения степени влияния метеоусловий на ход протекания технологического процесса и операций. В таблицах акцентируют внимание на характерные особенности отдельных метеорологических показателей (температуры и относительной влажности воздуха, скорости и направления ветра) и их влияние на качество работы, причем данные необходимо внести в бюллетень погоды не менее трех раз в день, а при необходимости – во время проведения каждого опыта, например, при испытании машин для защиты растений.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха применяют психрометр с показателями сухого и влажного термометров, которые расшифровывают с помощью психометрической таблицы, в которой по вертикали расположены значения всего термометра, а по горизонтали – разность значений сухого и влажного термометра.

С помощью анемометра на высоте 1,5 метра от поверхности поля определяют скорость ветра. Предварительно необходимо записать начальные показания счетчика по всем трем шкалам, а по окончании опыта - конечные показания счетчика.

Скорость ветра определяется по формуле:

$$V = \frac{q}{t} c \quad (3.17)$$

где V – скорость в м/с;

q – разность значений анемометра за опыт;

t – время работы счетчика анемометра в зависимости от величины отклонений.

При испытании опрыскивателей скорость ветра дополнительно определяют на высоте 0,5 и 2 м над поверхностью поля на протяжении всего опытного участка. Для определения направления ветра по отношению к движению агрегата измерения проводят на высоте 1,5 от поверхности поля (для опрыскивателей – на высоте распыла жидкости) применяя прибор анеморумбер, имеющий круговой сектор со шкалой от 0-360° и указатель движения агрегата флюгер-указатель, который устанавливается на штативе.

Выводы по главе

1. На основе разработанной соискателем на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева технологии внутрпочвенного внесения жидкого навоза с одновременным посевом сидеральной культуры, ООО Машиностроительным заводом «Поток» изготовлено опытное комбинированное орудие для глубокого внесения в почву ЖОУ с одновременным посевом семян сидеральных культур.

2. Для создания комбинированного агрегата с условием доработки конструкции после испытаний были разработаны технические требования.

3. Предложена программа исследований, включающая методики экспериментальных исследований.

4. Технологические настройки агрегата (глубина обработки почвы, глубина заделки семян, норма высева, доза внесения удобрений) устанавливали в соответствии с агротехническими требованиями к посеву и жидкому внесению удобрений.

5. Производилась оценка агротехнических показателей участка.

Количество вносимых органических удобрений оценивалась по показаниям Электромагнитного расходомера OPTIFLUX 2100 DN150/6"PN 16 EN 1092-1 с выносным дисплеем.

6. Норма высева сидеральной культуры регулировалась в автоматическом режиме.

7. Глубину обработки почвы рыхлителями измеряли по следу прохода стоек рабочих органов. Измерение проводили в 50 точках с интервалом 1 м при прямом и обратном ходах агрегата. Погрешность измерений ± 1 см.

8. Лабораторно-полевые испытания проводились на полях ЗАО «Тропарево», Можайского района Московской области при внесении жидкого не сепарированного свиного навоза.

ГЛАВА 4. ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА И ТЕХНОЛОГИИ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С ПОСЕВОМ СИДЕРАТОВ

4.1. Лабораторно-полевые исследования комбинированного агрегата и технологии внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений

Проведенные испытания показали, что при всех вариантах настройки чизельных рабочих органов комбинированный агрегат устойчиво выполняет технологический процесс внутрипочвенного внесения жидкого навоза с одновременным посевом сидератов.

Агротехническая оценка работы агрегата, проведенная в соответствии с СТО АИСТ 4.2 показала, что глубина обработки чизельными рабочими органами составляла 36 ± 2 см. Сеялка обеспечивала для мелких семян сидератов (редька масличная) норму высева 25 кг/га (табл. 4.1.).

Таблица 4.1 – Результаты экспериментальных исследований внесения жидкого навоза комбинированным агрегатом

Ширина захвата орудия $B = 4,55$ м, при количестве чизельных лап $n=6$ шириной захвата $b = 0,8$ м				
Скорость , v , м/с	Производительность , W , га/ч	Расход объемный, q , $м^3/ч$	Расход массовый, q_m , т/ч	Норма внесения, Q , т/га
0,44	0,723	116,79	115,62	160
0,51	0,841	121,45	120,24	143
0,61	0,991	112,09	110,97	112
0,68	1,118	117,45	116,28	104
0,76	1,241	111,55	110,43	89
Ширина захвата орудия $B = 3,98$ м, при количестве чизельных лап $n=5$ шириной захвата $b = 0,435$ м				
Скорость , v , м/с	Производительность , W , га/ч	Расход объемный, q , $м^3/ч$	Расход массовый, q_m , т/ч	Норма внесения, Q , т/га
0,48	0,688	91,69	90,77	132
0,57	0,819	88,50	87,62	107
0,65	0,930	90,20	89,29	96
0,74	1,061	79,33	78,54	74
0,81	1,157	79,45	78,66	68

Данные, полученные в результате испытаний разработанного

комбинированного агрегата при внесении жидкого свиного навоза приведены в таблице 4.1 и на рисунках 4.1 и 4.2.

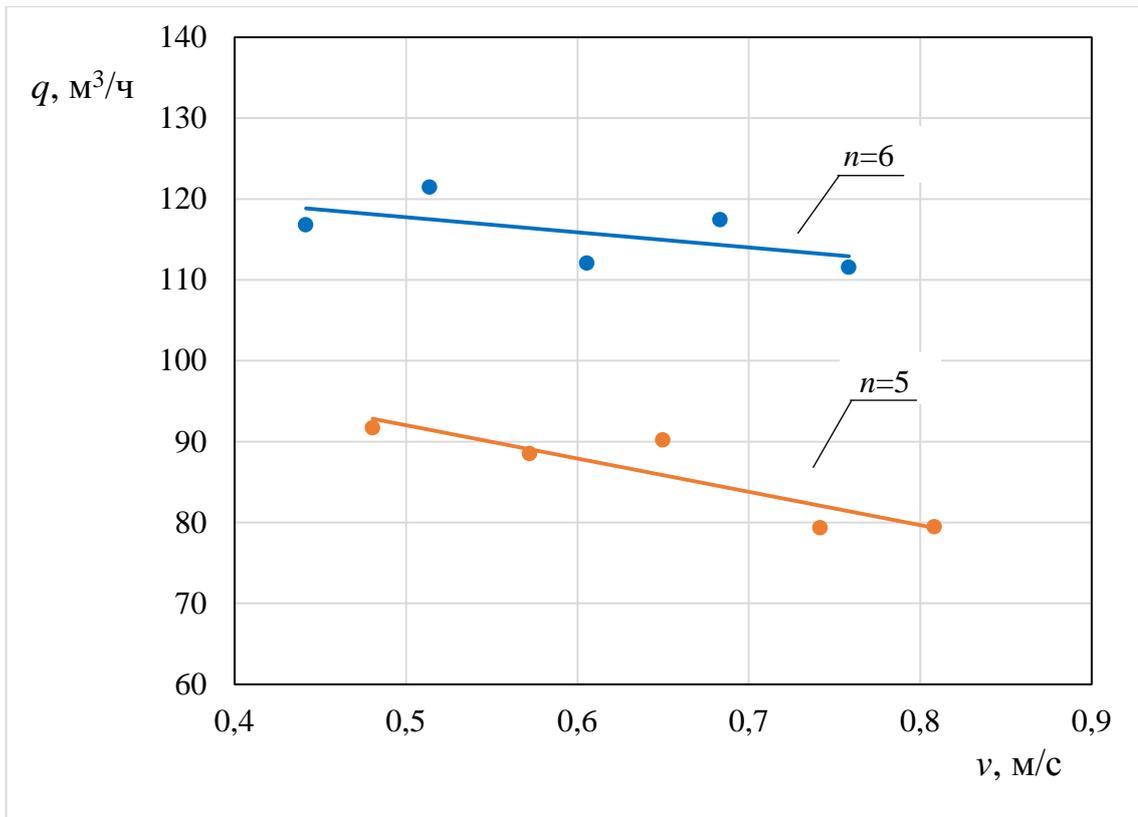


Рисунок 4.1 - Зависимости расхода (q , $\text{м}^3/\text{ч}$) жидкого навоза от скорости (v , $\text{м}/\text{с}$) агрегата

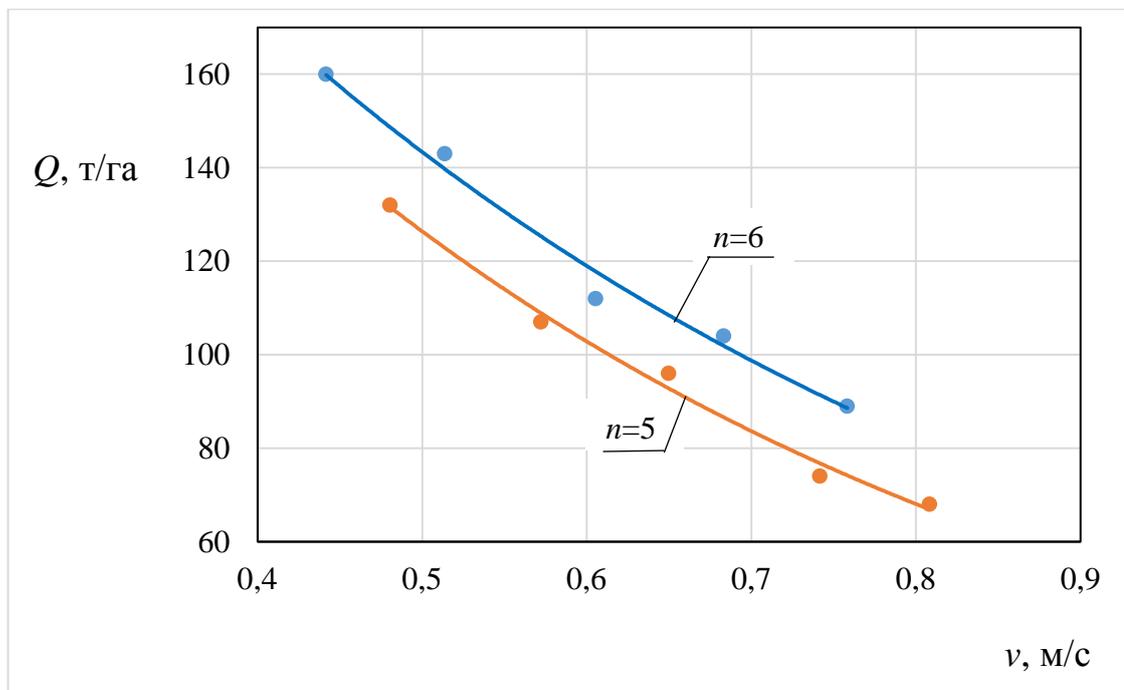


Рисунок 4.2 - Зависимости погектарной нормы (Q , $\text{т}/\text{га}$) внесения жидкого навоза от скорости (v , $\text{м}/\text{с}$) агрегата

Анализ данных испытаний 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%).

Для глубокорыхлителя с максимальной шириной захвата 4,55 м с шестью чизельными лапами шириной захвата 0,8 м (с открылками), 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 открылков) при увеличении скорости движения трактора с 0,48 до 0,81 м/с, норма внесения жидкого навоза снижалась с 132 до 68 т/га.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что полученные результаты хорошо согласуются с данными теоретической модели внесения ЖОУ, описанной в главе выше. Отклонение предсказанных значений расхода жидкого навоза от данных, полученных в результате проведенных полевых опытов, не превышало 7%.

4.2. Распределительное устройство для внесения жидких органических удобрений

Устройство для внесения ЖОУ относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для приема и распределения жидких органических удобрений к рабочим органам почвообрабатывающего орудия и внутрипочвенного внесения ЖОУ (Приложение А). В устройстве, включающем подающий трубопровод, оснащенный разливочно-распределительными патрубками, которые смонтированы перпендикулярно подаваемому потоку ЖОУ, в одной плоскости по периметру цилиндрической емкости, установленной соосно подающему трубопроводу, при этом

суммарная площадь сечений всех разливочно-распределительных патрубков равна площади сечения подающего трубопровода. Устройство обеспечивает качественную обработку почвы под посев сельскохозяйственных культур за счет равномерного внесения ЖОУ.

Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для приема и распределения ЖОУ к рабочим органам почвообрабатывающего орудия и внутрипочвенного внесения ЖОУ. Известно дозирующее-распределительное устройство, входящее в состав системы для дифференцированного дозирования удобрений (патент RU 2625177). Недостатком указанного устройства является неравномерное распределение дозируемых удобрений по отдельным рабочим органам машины. Наиболее близким к предлагаемой полезной модели по совокупности существенных признаков относится распределительное устройство, представляющее собой трубоколлектор. Оно состоит из емкости, на которой последовательно установлены разливочно-распределительные патрубки с дефлекторными насадками (рис. 4.3, фиг. 1).

Распределительное устройство входит в состав агрегата для внесения ЖОУ (патент RU 2352095). Недостатком этого устройства является неравномерное распределение ЖОУ по отдельным патрубкам. Это обусловлено изменением давления в распределительном устройстве по мере внесения ЖОУ через последовательно установленные патрубки. Из анализа известных аналогичных технических решений выявлено, что технической проблемой в данной области является необходимость расширения арсенала средств для обеспечения равномерного распределения ЖОУ по отдельным разливочно-распределительным патрубкам.

Техническим результатом полезной модели является обеспечение качественной обработки почвы под посев сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почвы. Для решения указанной проблемы и достижения заявленного технического результата в устройстве для внесения ЖОУ, включающем подающий трубопровод, оснащенный разливочно-

распределительными патрубками, разливочно-распределительные патрубки смонтированы перпендикулярно подаваемому потоку ЖОУ в одной плоскости по периметру цилиндрической емкости, установленной соосно подающему трубопроводу, при этом суммарная площадь сечений всех разливочно-распределительных патрубков равна площади сечения подающего трубопровода. Для технологического обслуживания устройства цилиндрическая емкость оснащена съемной крышкой. Предложенная конструкция обеспечивает постоянство величины давления ЖОУ в отдельных разливочно-распределительных патрубках, что обеспечивает равномерность распределения ЖОУ по отдельным патрубкам. Указанное позволяет осуществлять качественную обработку почвы.

Предложенное устройство поясняется чертежами (рис. 4.3). На фиг. 1 представлен общий вид устройства; на фиг. 2 – разрез по А-А.

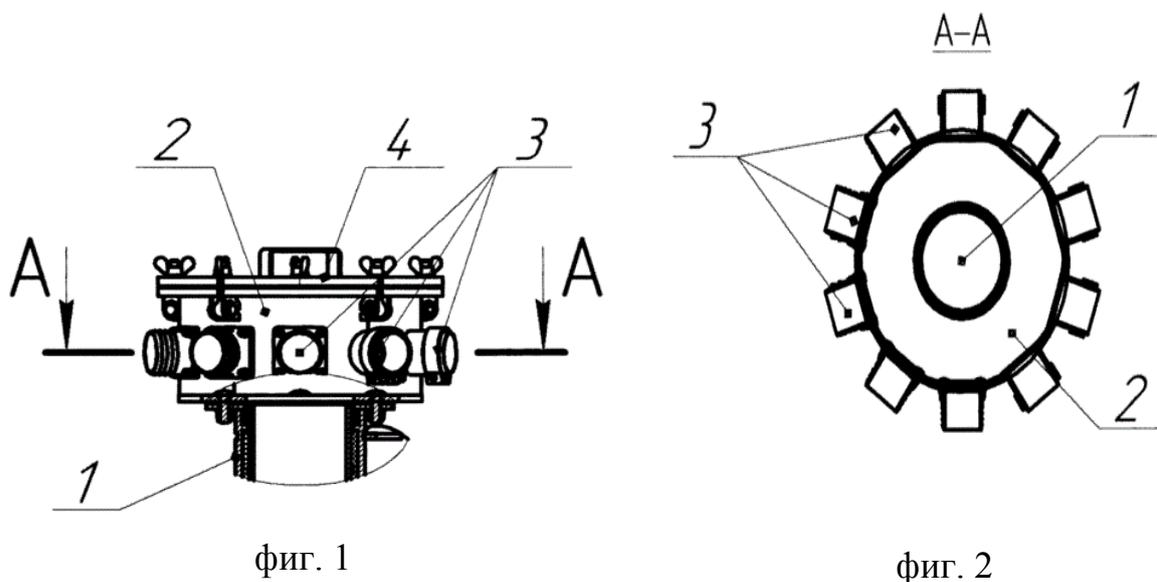


Рисунок 4.3 - Общий вид устройства

Распределительное устройство для внесения жидких органических удобрений (фиг. 1 и фиг. 2) включает подающий трубопровод 1 с соосно установленной цилиндрической емкостью 2 с разливочно-распределительными патрубками 3 и съемной крышкой 4. Патрубки 3 располагаются в плоскости сечения А-А, которая перпендикулярна направлению потока в подающем трубопроводе 1. Количество патрубков 3

может быть различным в зависимости от количества рабочих органов почвообрабатывающего орудия. При этом суммарная площадь сечений всех разливочно-распределительных патрубков 3 равна площади сечения подающего патрубка 1. Съёмная крышка 4 предназначена для технологического обслуживания распределительного устройства. Работает устройство следующим образом. ЖОУ под рабочим давлением поступают по подающему патрубку 1 в цилиндрическую емкость 2, затем по разливочно-распределительным патрубкам 3 удобрения поступают к рабочим органам машины. Расположение патрубков 3 обеспечивает равномерное распределение удобрений к рабочим органам почвообрабатывающего орудия. По сравнению с прототипом предложенное устройство позволит обеспечить равномерное внесение ЖОУ различными рабочими органами почвообрабатывающего орудия, что обеспечит высокое качество подготовки почвы к посеву, повышая ее плодородие.

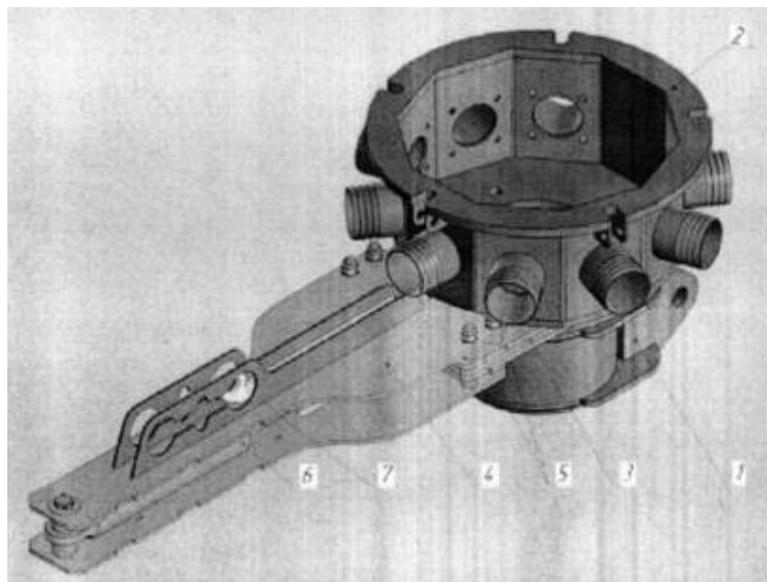
4.3. Устройство для внесения жидких органических удобрений

Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для дросселирования и перекрытия потока жидкости, при транспортировке и внутрипочвенного внесения ЖОУ (Приложение Б). В устройстве, включающем транспортирующую магистраль и распределительный узел, при этом в транспортирующей магистрали перед распределительным узлом, установлена дросселирующая заслонка, изменяющая проходное сечение для рабочей среды в транспортирующей магистрали за счет перемещения штока гидроцилиндра. При этом заслонка расположена перпендикулярно направлению движения потока жидкости в транспортирующей магистрали. Устройство позволит улучшить работу шланговой системы и увеличить ее надежность и долговечность (рис. 4.4).

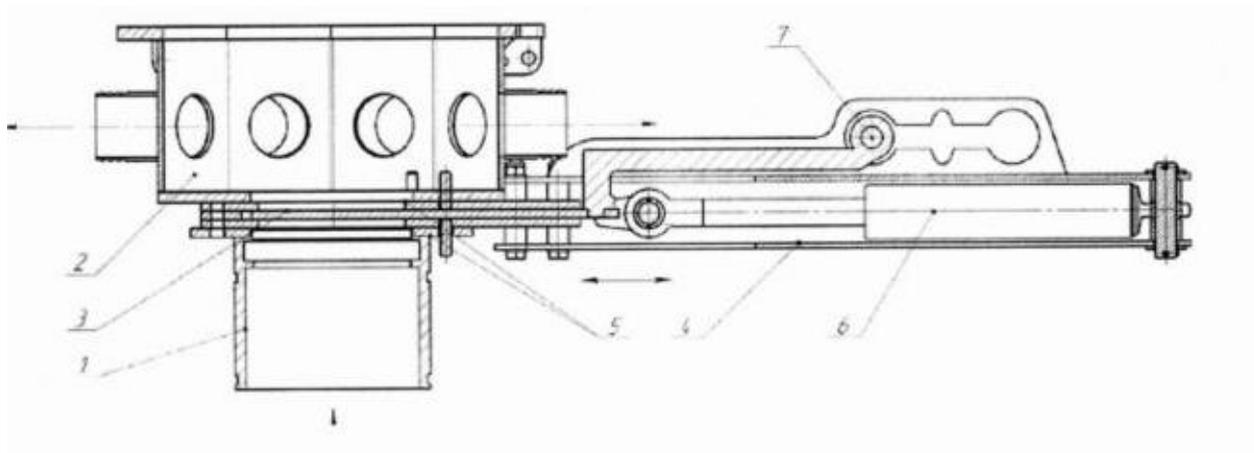
Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для дросселирования и перекрытия потока жидкости, при использовании системы для транспортировки и внутрисочвенного внесения ЖОУ. Известен комбинированный агрегат для обработки почвы и внесения ЖОУ, состоящий из рамы, режущих дисков, разливочных патрубков, катка заравнивателя, цистерны, напорного трубопровода, переключающего устройства, напорного рукава и трубы коллектора (патент RU 2352095 C1) [66]. Недостатком указанного устройства является неэффективность его использования при больших объемах внесения ЖОУ. Наиболее близким, к предлагаемой полезной модели по совокупности существенных признаков относится устройство для внутрисочвенного внесения ЖОУ, включающее транспортирующую магистраль и распределительный узел. Недостатком является, что данная система не имеет возможности регулирования потерь давления в транспортирующей магистрали при увеличении расстояния транспортирования ЖОУ, что приводит к снижению срока эксплуатации устройства. Из анализа известных аналогичных технических решений выявлено, что технической проблемой в данной области является необходимость расширения арсенала средств, для обеспечения дросселирования потока жидкости, способствующего поддержанию необходимой величины давления в транспортирующей магистрали [66].

Техническим результатом полезной модели является увеличение надежности и долговечности устройства за счет поддержания рабочего давления в транспортирующей магистрали путем дросселирования проходного сечения. Для решения указанной проблемы и достижения заявленного технического результата в устройстве для внесения ЖОУ, включающем транспортирующую магистраль и распределительный узел, при этом в транспортирующей магистрали перед распределительным узлом установлена дросселирующая заслонка, изменяющая проходное сечение для

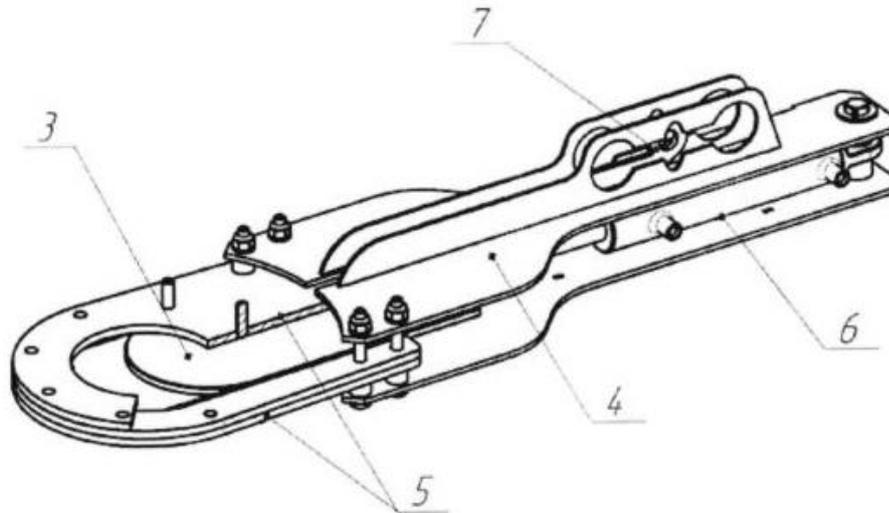
рабочей среды в транспортирующей магистрали за счет перемещения штока гидроцилиндра.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Рисунок 4.4 – Предложенное устройство для внесения ЖОУ

При этом заслонка расположена перпендикулярно направлению движения потока жидкости в транспортирующей магистрали. Предложенная конструкция обеспечивает постоянство величины давления ЖОУ в транспортирующей магистрали, что предотвращает входящие в нее шланги от перекручивания и перегибов. Данное устройство позволяет улучшить работу шланговой системы и увеличить ее надежность и долговечность. Предложенное устройство поясняется чертежами (рис. 4.4). На фиг. 1 – представлен общий вид устройства. На фиг. 2 – показано сечение устройства. На фиг. 3 – представлена дросселирующая заслонка.

Устройство для внесения ЖОУ (фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3) состоит из транспортирующей магистрали 1, в которой перед распределительным узлом 2 размещена дросселирующая заслонка 3. Она помещена в корпусе 4, снабженном направляюще-уплотняющими седлами 5. Привод дросселирующей заслонки 3 обеспечивает гидроцилиндр 6. На корпусе заслонки 2 смонтирована шкала 7 указателя ее положения. Работает устройство следующим образом. ЖОУ поступают по транспортирующей магистрали 1, к распределительному узлу 2, перед которым установлена дросселирующая заслонка 3. При перемещении штока гидроцилиндра 6, дросселирующая заслонка 2 изменяет проходное сечение транспортирующей

магистрала 1, что приводит к выравниванию давления в транспортирующей магистрали 1. Шкала 7 указателя положения дросселирующей заслонки 3 позволяет оценивать степень дросселирования ЖОУ. Предложенное устройство по сравнению с прототипом позволит улучшить работу шланговой системы и увеличить ее надежность и долговечность.

4.4. Устройство для внесения несепарированных жидких органических удобрений

Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для внесения несепарированных ЖОУ (Приложение В). Устройство включает транспортирующую магистраль и распределительный узел с разливочными патрубками, в котором распределительный узел снабжен измельчителем крупных включений ЖОУ, выполненным в виде ротора, оснащенного ножами, закрепленными перпендикулярно разливочным патрубкам. Конструкция обеспечивает равномерное измельчение, распределение и подачу по патрубкам неоднородных ЖОУ.

Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к устройствам, предназначенным для внесения несепарированных ЖОУ. Известен комбинированный агрегат для обработки почвы и внесения ЖОУ, состоящий из рамы, режущих дисков, разливочных патрубков, катка заравнивателя, цистерны, напорного трубопровода, переключающего устройства, напорного рукава и трубы коллектора (патент RU № 2352095) [65]. Недостатком указанного устройства является неэффективность его использования при больших объемах внесения ЖОУ. Наиболее близким, к предлагаемой полезной модели по совокупности существенных признаков, относится устройство для внесения ЖОУ, включающее транспортирующую магистраль и распределительный узел. Недостатком является, что данное устройство не работает при внесении неоднородных ЖОУ. Происходит забивание патрубков распределительного

узла крупными твердыми включениями. Из анализа известных аналогичных технических решений выявлено, что технической проблемой в данной области является необходимость расширения арсенала средств, позволяющих производить внесение несепарированных ЖОУ и с наличием крупных твердых включений. Техническим результатом полезной модели является повышение эффективности внесения несепарированных ЖОУ, за счет обеспечения измельчения крупных, твердых включений, находящихся в них. Для решения указанной проблемы и достижения указанного результата в устройстве для внесения несепарированных ЖОУ, включающем транспортирующую магистраль и распределительный узел с разливочными патрубками, при этом распределительный узел снабжен измельчителем крупных включений ЖОУ, выполненным в виде ротора, оснащенного ножами, закрепленными перпендикулярно разливочным патрубкам (рис. 4.5).

Данная конструкция обеспечивает равномерное измельчение, распределение и подачу по патрубкам несепарируемых ЖОУ. Устройство проиллюстрировано на чертеже, на котором представлен ротор - измельчитель.

Устройство для внесения неоднородных ЖОУ состоит из транспортирующей магистрали и распределительного узла, в котором размещен измельчитель, состоящий из ротора 3, ножей 4, приводимый в движение гидравлическим или электрическим мотором. Ножи 4 ротора 3 закреплены перпендикулярно разливочным патрубкам распределительного узла.

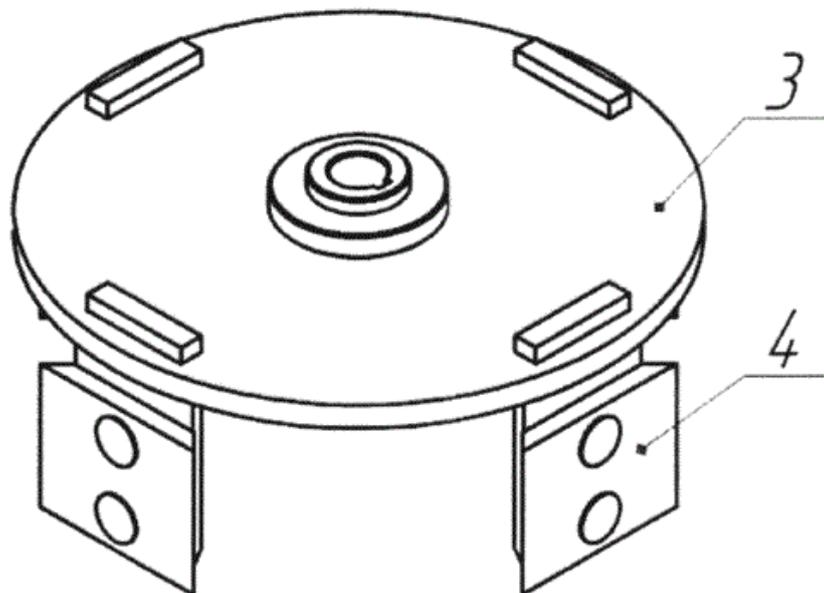


Рисунок 4.5 - Предложенное устройство для внесения несепарированных жидких органических удобрений

Ротор 3 измельчителя закреплен на распределительном узле при помощи фланца. Работает устройство следующим образом. Жидкие, не подверженные сепарации органические удобрения поступают по транспортирующей магистрали в цилиндрическую емкость распределительного узла. Внутри рабочего пространства распределительного узла, несепарированные ЖОУ подвергаются воздействию вращающихся с большой скоростью ножей 4 ротора 3, в результате чего происходит их измельчение, равномерное распределение и подача в разливочные патрубки. По сравнению с прототипом, предложенное устройство позволяет исключить забивание разливочных патрубков распределительного узла крупными твердыми включениями и повысить эффективность внесения неоднородных по составу ЖОУ.

Выводы по главе

1. Испытания комбинированного агрегата в хозяйственных условиях позволили установить зависимости погектарного расхода ЖОУ от конструкционных параметров (ширины захвата и расстановки чизельных лап) и эксплуатационных показателей (скорости агрегата, глубины обработки почвы).

2. Для глубокорыхлителя, имеющего максимальную ширину захвата 4,55 м, укомплектованного шестью чизельными лапами с открылками шириной захвата 0,8 м, при увеличении скорости движения агрегата с 0,44 до 0,76 м/с, норма внесения жидкого навоза снижается с 160 до 89 т/га. Для глубокорыхлителя с минимальной ширины захвата 3,98 м с пятью чизельными лапами шириной захвата 0,435 м без открылков при работе на скоростях движения в диапазоне 0,48 до 0,81 м/с, при постоянных параметрах шланговой системы (давлении и расходе) норма внесения жидкого навоза изменялась в диапазоне от 132 до 68 т/га.

3. Полученные результаты экспериментов достаточно хорошо согласуются с данными теоретической модели внесения ЖОУ.

4. Распределительное устройство для внесения ЖОУ, включающее подающий трубопровод, оснащенный разливочно-распределительными патрубками, отличающееся тем, что разливочно-распределительные патрубки смонтированы в одной плоскости по периметру цилиндрической емкости, установленной соосно подающему трубопроводу, при этом суммарная площадь сечений всех разливочно-распределительных патрубков равна площади сечения подающего трубопровода. Устройство по, отличающееся тем, что оснащено съемной крышкой.

5. Устройство для внесения ЖОУ, включающее транспортирующую магистраль и распределительный узел, отличающееся тем, что в транспортирующую магистраль перед распределительным узлом установлена дросселирующая заслонка, изменяющая проходное сечение в

транспортирующей магистрали за счет перемещения штока гидроцилиндра, при этом дросселирующая заслонка размещена в корпусе, снабженном направляюще-уплотняющими седлами, а на корпусе смонтирована шкала указателя ее положения.

6. Устройство для внесения несепарированных ЖОУ, включающее транспортирующую магистраль и распределительный узел с разливочными патрубками, отличающееся тем, что распределительный узел снабжен измельчителем крупных включений ЖОУ, выполненным в виде ротора, оснащенного ножами, закрепленными перпендикулярно разливочным патрубкам.

ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ С ПОСЕВОМ СИДЕРАТОВ

Для проведения оценки экономической эффективности средств механизации по разработанной технологии внесения жидких органических удобрений в почву, включающей транспортировку и внесение ЖОУ (прямоточная технология перевозки, внутripочвенное внесение и посев сидератов с рациональным составом технических средств), выполнили расчеты применительно к свиноводческой ферме в 800 голов [34, 83, 85].

Сравнивали с существующей ранее в данном хозяйстве технологией (прямоточная технология перевозки, поверхностное внесение путем разбрызгивания).

Критериями оценки выбраны технико-экономические и экологические показатели. При этом приняли для расчета радиус транспортировки - 10 километров; количество транспортируемых и вносимых удобрений - 21028 т/год.

Согласно расчетам, разработанная нами технология имеет преимущество по сравнению с существующей ранее (таблица 5.1), например, получен более высокий коэффициент экологической безопасности, в следствие чего появляется возможность обеспечить экологический эффект [6] в 2,33 раза больше, чем при существующей ранее технологии в хозяйстве. Сократились удельные затраты на доведение и сохранение питательных элементов удобрения, с учетом потерь [6] с 2,72 до 1,53 тыс. руб./т.

Таблица 5.1 – Экономическая эффективность средств механизации по разработанной технологии и по существующей ранее в данном хозяйстве

№ п.п.	Наименование основных показателей	Единицы измерения	Применяемая технология	Разработанная технология
1	Затраты труда	чел.-ч/т	0,83	0,66
2	Эксплуатационные затраты	тыс. руб.	7823,33	7711,21
3	Удельные эксплуатационные затраты	тыс. руб./т	0,337	0,326
4	Экологический эффект от повышения плодородия земли	Руб./т	171	399
5	Коэффициент экологической безопасности (Кэж б)	%/%	0,41	0,88
6	Удельные эксплуатационные затраты на доведение и сохранение питательных элементов, с учетом потерь	тыс. руб./т	2,72	1,53

Выводы по главе

1. Разработанная технология и агрегат внесения ЖОУ имеют более высокий коэффициент экологической безопасности, благодаря чему обеспечивает 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 высевом 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; высева 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 $k_{П}=35$ кПа и скорости $v=0,6-0,8$ м/с, потребное тяговое усилие трактора составляет $P_x = 70...72$ кН;

- удельная энергоёмкость 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 открылками 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 открылками 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 ширины захвата 3,98 м с пятью чизельными лапами шириной захвата 0,435 м без открылков 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.

Рекомендации по компоновке и конструированию комбинированного агрегата

Для выполнения технологической операции по внутрпочвенному внесению ЖОУ с одновременным посевом сидератов рекомендуется комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат [61], содержащий навесную почвообрабатывающую часть, состоящую из рамы, опирающейся на опорные колеса, на которой смонтированы рабочие органы, включающие рыхлители с трубками для внесения жидкого навоза; прикатывающий зубовой каток, установленный за рыхлительными рабочими органами, и комбинированную сеялку, включающую семенной бункер, дозирующее устройство с электроприводом, вентилятор и семяпроводы с распределителями семян. Сеялка установлена на навесной раме почвообрабатывающего агрегата, дозирующее устройство разделено на каналы, количество которых равно количеству рыхлящих рабочих органов.

Эффект от внедрения разработки

Использование данной технологии обеспечивает повышение использования солнечной энергии, улучшение агрономически ценных свойств почвы, обогащение почвы органическими веществами, перераспределение питательных элементов по профилю почвы из нижних слоёв в верхний, корнеобитаемый слой.

Потенциальные потребители научной разработки

Хозяйства АПК регионов Российской Федерации, в том числе производители органической продукции.

Перспективы дальнейшей работы заключаются в широком внедрении разработанных агрегата и технологии в других областях РФ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алдошин, Н.В. Современные технологии известкования для повышения эффективности сельскохозяйственных угодий / Н.В. Алдошин, А.С. Васильев, В.В. Голубев, И.А. Дроздов, Н.П. Мишуров, Л.А. Неменушая, Н.А. Пискунова, П.Д. Осмоловский, А.А. Манохина. аналит. обзор. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 96 с.
2. Алдошин, Н.В. Внутрипочвенное внесение жидких органических удобрений при помощи шланговой системы / Н.В. Алдошин, В.Г. Евдокимов, В.В. Семин // Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 293. Часть III // Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2021. – С. 246-248.
3. Алдошин, Н.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.
4. Алдошин, Н.В. Эффективность применения свиного навоза в звене кормового севооборота / Н.В. Алдошин, А.С. Васильев, М.В. Бабенко, В.В. Голубев // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2023. – № 33 (196). – С. 53-68.
5. Алдошин, Н.В. Обеспеченность технологий обработки почвы интеллектуальными средствами и методами контроля / Н.В. Алдошин, М.А. Мосяков // В сборнике: Доклады ТСХА. – 2020. – С. 396-400.
6. Алдошин, Н.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.
7. Атлас Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы. – 2022. – 163 с.
8. Балабанов, В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии / В.И. Балабанов // Агротехника и технологии. – 2016. – № 5. – С. 50-53.

9. Балабанов, В.И. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие / В.И. Балабанов, С.В Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. Уч. пособие. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 143 с.

10. Балабанов, В.И. Перспективы внедрения элементов технологий «Интернета вещей» в растениеводстве / В.И. Балабанов, С.А. Ищенко, М.С. Романенкова // Вестник Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – 2019. – № 4. – С. 13-18.

11. Балабанов, В.И. Технологии, техника и оборудование для координатного (точного) земледелия / В.И. Балабанов, В.Ф. Федоренко и др. учеб. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех». – 2016. – 240 с.

12. Баутин, В.М. Умные кадры для «умных ферм» / В.М. Баутин, В.И. Балабанов, Е.В. Березовский // Вестник ГЛОНАСС. – 2012. – № 1. – С. 41-44.

13. Брюханов, А.Ю. Методика расчетов комбинированной ресурсосберегающей системы навозоудаления на свиноводческих комплексах / А.Ю. Брюханов, Е.В. Шалавина, Э.В. Васильев // Аграрная наука. – 2022. – № 10. – С. 136-142.

14. Буклагин, Д.С. Цифровые технологии оценки, планирования и прогнозирования использования земель сельскохозяйственного назначения / Д.С. Буклагин, Н.П. Мишуров, В.И. Балабанов, А.М. Зейлигер, Д.А. Петухов. аналит. обзор – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 92 с.

15. Васильев, Э.В. Повышение эффективности процесса использования жидкого органического удобрения путем автоматизированного выбора рациональных вариантов технологий транспортировки и внесения в условиях Северо-Западного региона: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.01 / Васильев Эдуард Вадимович; [Место защиты: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет]. - Пушкин, 2015. – 176 с.

16. Воронов Н.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.

17. Голубев, И.Г. Сельскохозяйственная техника и оборудование для фермерских хозяйств / И.Г. Голубев, В.Я. Гольпяпин, В.Н. Жуков, Л.М. Колчина, Ю.Л. Колчинский, А.Я. Лапшин, А.Е. Лотоцкий, Н.П. Мишуров, Н.Ф. Соловьева, В.А. Фролов. Москва, 1994. – Том 1. – 384 с.

18. Гольпяпин, В.Я. Анализ качества и технического уровня сельскохозяйственной техники / В.Я. Гольпяпин, Л.М. Колчина, Т.А. Щеголихина, М.Н. Хлепитько // Отчет о НИР. – 2013. – 144 с.

19. Гольпяпин, В.Я. Цифровые технологии для обследования состояния земель сельскохозяйственного назначения беспилотными летательными аппаратами / В.Я. Гольпяпин, Н.П. Мишуров, В.Ф. Федоренко, И.Г. Голубев, В.И. Балабанов, Д.А. Петухов. науч. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 81 с.

20. Гольпяпин, В.Я. Инновационные технологии и сельскохозяйственная техника за рубежом / В.Я. Гольпяпин, Н.П. Мишуров, В.Ф. Федоренко, С.А. Соловьев, В.И. Балабанов, Н.В. Алдошин. аналит. обзор. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 186 с.

21. ГОСТ 26711-89 — Сеялки тракторные. Общие технические требования.

22. ГОСТ 31345-2007 – Сеялки тракторные. Методы испытаний.

23. ОСТ 10.5.1-2000 – Испытание сельскохозяйственной техники.

24. ГОСТ 12036- 85 – Семена сельскохозяйственных культур

25. Губейдуллин, Х.Х. Современные технологии уборки и переработки жидкого навоза / Х.Х. Губейдуллин, В.Г. Артемьев, И.И.

Шигапов, О.П. Гришин, С.А. Бормотин // Сельский механизатор. – 2018. – № 6. – С. 30-31.

26. Дидманидзе, О.Н. Проектирование производственных процессов в растениеводстве с использованием компьютерных технологий / О.Н. Дидманидзе, О.П. Андреев, А.Н. Журилин. монография. Москва, 2018. – 150 с.

27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов // 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат. 1985. – 351 с.

28. Дыба, Э.В. К обоснованию типа рабочего органа для внутрипочвенного внесения жидкого навоза / Э.В. Дыба, А.И. Бобровник // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / отв. ред. П.П. Казакевич, С.Г. Яковчик. – Минск: Ураджай, 2016. – Вып. 50. – С. 40-46.

29. Жевора, С.В. Применение удобрений при биологизации картофелеводства / С.В. Жевора, Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Е.В. Князева // Плодородие. – 2021. – № 1 (118). – С. 50-53.

30. Жук, А.Ф. Влияние почвенного нараста на работу клина / А.Ф. Жук // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 3. – С. 24-29.

31. Занфирова, Л.В. City-farming как одно из направлений оптимизации производства сельскохозяйственной продукции / Занфирова Л.В., Овсянникова Е.А., Габаев А.Х. // В сборнике: Инновационные решения в строительстве, природообустройстве и механизации сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, – 2021. – С. 178-180.

32. Зволинский, В.Н. Роль почвенного канала при изучении процессов в системе «рабочий орган – почва» / В.Н. Зволинский, М.А. Мосяков, Н.Ю. Николаенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 1. – С. 36-40.

33. Зволинский, В.Н. Обеспеченность технологий обработки почвы интеллектуальными средствами и методами контроля / В.Н. Зволинский, М.А. Мосяков, С.В. Семичев // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 103-113.

34. Звягинцев, П.С. Экономическая оценка инновационной сельскохозяйственной техники (государственных проектов и программ) / П.С. Звягинцев, В.В. Михеев, А.Г. Пономарев // В сборнике: Система технологий и машин для инновационного развития АПК России. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики академика В.П. Горячкина. Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – 2013. – С. 286-290.

35. Зубарев, Ю.Н. История и методология научной агрономии / Ю.Н. Зубарев, С.Л. Елисеев // учебное пособие для подготовки магистров, обучающихся по направлению 110400 "Агрономия" / Пермь, 2012. – 250 с.

36. Иванов, Ю.Г. Экспериментальная установка для экологической утилизации подстилочного помета с выработкой тепловой энергии / Ю.Г. Иванов // В сборнике: Актуальные вопросы науки и практики как основа производства экологически чистой продукции сельского хозяйства. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти доктора сельскохозяйственных наук, профессора Караева Сиражудина Гусейновича. Махачкала, 2014. – С. 186-193.

37. Калинин, А.Б. Выбор и обоснование параметров экологического состояния агроэкосистемы для мониторинга технологических процессов возделывания сельскохозяйственных культур / А.Б. Калинин, В.А. Смелик, И.З. Теплинский, О.Н. Первухина // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 39. – С. 315-319.

38. Калинин, А.Б. Совершенствование методов мониторинга качества работы дозирующих систем машин химизации / А.Б. Калинин, И.З.

Теплинский, В.А. Смелик, О.Н. Теплинская, И.С. Немцев // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 94-98.

39. Косолапов, В.М. Агрономические основы инженерного обеспечения биологизации земледелия / В.М. Косолапов, А.С. Цыгуткин, Н.В. Алдошин, Н.А. Лылин // Кормопроизводство. – 2022. – № 3. – С. 41-47.

40. Лобачевский, Я.П. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства / Я.П. Лобачевский, А.С. Дорохов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2021. – Т. 15. – № 4. – С. 6-10.

41. Манохина, А.А. Инновационные технологии и средства внутрипочвенного 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.

42. Манохина, А.А. Энергетическая эффективность работы агрегата для внутрипочвенного 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.

43. Манохина, А.А. Использование нетрадиционных сельскохозяйственных культур для повышения продовольственной безопасности / А.А. Манохина, О.А. Старовойтова // В сборнике: Инновационные технологии и технические средства для АПК. Материалы Международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов. Под общей редакцией Н. И. Бухтоярова, Н. М. Дерканосовой, А. В. Дедова и др., 2015. – С. 233-237.

44. Машиностроительный завод «Поток». Оборудование для внесения жидкого навоза. URL: <https://mzpotok.ru/catalog/oborudovanie-dlya-vneseniya/vnutripochvennyu-inzhektor-4gshch/> Дата обращения 12.11.2022.

45. Милюткин, В.А. Исследования инновационных технологий, техники и жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачной смеси при возделывании сельхозкультур / В.А. Милюткин, В.А. Шахов, Е.М. Асманкин, Ю.А. Ушаков, Н.К. Комарова, В.А. Смелик // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(96). – С. 104-111.

46. Мишуров, Н.П. Перспективные направления развития органического овощеводства / Н.П. Мишуров, Л.А. Неменушая, Л.Ю. Коноваленко, А.А. Манохина // Техника и оборудование для села. – 2022. – № 7 (301). – С. 25-28.

47. Мишуров, Н.П. Перспективные технологии производства органической овощной продукции / Н.П. Мишуров, Л.А. Неменушая, С.А. Коршунов, А.А. Любовецкая, А.А. Манохина, П.Д. Осмоловский. аналит. обзор. - Москва, 2022. – 72 с.

48. Мишуров, Н.П. Сельскохозяйственная техника. Машины для внесения удобрений и средств защиты растений / Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина, В.Ф. Федоренко, А.К. Раджабов. каталог. – М.: «ФГБНУ Росинформагротех». 2022. – 160 с.

49. Мишуров, Н.П. Сельскохозяйственная техника. посевные и посадочные машины / Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина, В.Ф. Федоренко, А.А. Манохина. Каталог. Москва, 2022. – 168 с.

50. Морозов, Н.М. Система машин для механизации и автоматизации выполнения процессов при производстве продукции животноводства и птицеводства на период до 2030 года / Н.М. Морозов, П.И. Гриднев, В.И. Сыроватка, Ю.А. Мирзоянц, А.Н. Рассказов, Л.М. Цой, В.К. Скоркин, И.И. Хусаинов, Д.К. Ларкин, Н.Н. Новиков, И.Ю. Морозов, Т.Т. Гриднева, Л.П. Погодина, Н.В. Жданова, Н.А. Адамия, И.П. Алексеев, В.В. Гришина, В.Ф. Федоренко, Я.П. Лобачевский, А.С. Дорохов и др. монография. Москва, 2021. – 180 с.

51. Мосяков, М.А. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат для основной и предпосевной обработки почвы / М.А. Мосяков, В.Н. Зволинский // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – № 6. – С. 30-35.

52. Неменушая, Л.А. Инновационные технологии для овощного комплекса / Л.А. Неменушая // В сборнике: Материалы IV Международного Казанского инновационного нанотехнологического форума (NANOTECH'2012). – 2012. – С. 351-353.

53. Неменушая, Л.А. Современное состояние развития биосенсорных систем для АПК / Л.А. Неменушая // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 3. – С. 29-32.

54. Неменушая, Л.А. Современные методы в защите овощных культур от болезней / Л.А. Неменушая // В сборнике: Растениеводство и луговодство. Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 441-444.

55. Неменушая, Л.А. Перспективные технологии для защищенного грунта / Л.А. Неменушая // В сборнике: Современные технологии в условиях защищенного грунта. Сборник национальной (всероссийской) научно-практической конференции, в рамках Всероссийского конкурса для школьников АгроНТИ-2021. Новосибирск, 2021. – С. 56-59.

56. Неменушая, Л.А. Перспективные технологии с использованием ультрафиолетового облучения / Л.А. Неменушая // В сборнике: Достижения и перспективы научно-инновационного развития АПК. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. Курган, 2021. – С. 834-839.

57. Неменушая, Л.А. Обзор эффективных технологий известкования / Л.А. Неменушая // В сборнике: Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения. Сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции. Курган, 2021. – С. 81-84.

58. О внесении изменений в Федеральную научно-техническую программу развития сельского хозяйства на 2017-2030 годы // Постановление Правительства Российской Федерации от 05.05.2018 № 559, Москва, 61 с. [Электронный ресурс]. – URL: [http://static.government.ru/media/acts/](http://static.government.ru/media/acts/files/0001201805070032.pdf)

59. [files/0001201805070032.pdf](http://static.government.ru/media/acts/files/0001201805070032.pdf) (дата обращения: 10.03.2023).

60. Панов, А.И. 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.

61. Панов, А.И. 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.

62. Панов, А.И. 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.

63. Патент на изобретение RU 2625177 С1, 12.07.2017. Способ и устройство дифференцированного дозирования жидких органических удобрений // Б.Х. Ахалая, С.А. Белых, Г.И. Личман, Н.М. Марченко, А.Н. Марченко, Т.В. Мочкова, Ю.Х. Уянаев, А.А. Шестухина, заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАЦ ВИМ // № 2016138681; заявл. 30.09.2016. – опубл. 12.07.2017. Бюл. № 20.

64. 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.

65. Патент на полезную модель 208134 U1 РФ, МПК А01С 3/06 (2006.01). Устройство для внесения несепарированных 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.

66. 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.

67. 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.

68. Патент на изобретение 2735961 С1 РФ, МПК С05F 3/00 (2006.01), В82В 3/00 (2006.01), В82У 40/00 (2011.01). Кавитационный способ обеззараживания жидких органических отходов и приготовления органоминеральных удобрений / М.Ю. Костенко, К.С. Наумов, Н.В. Бышов, Борычев С.Н., Рембалович Г.К., С.Д. Полищук, Р.В. Безносюк, Д.Г. Чурилов, С.Н. Тумаков, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" // № 2019138106; заявл. 25.11.2019. – опубл. 11.11.2020. Бюл. № 32.

69. Патент на полезную модель 209650 U1 РФ, МПК А01В 29/04 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / В.И. Пляка, С.М. Каткова, М.А. Мехедов, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2021134659; заявл. 26.11.2021. – опубл. 17.03.2022. Бюл. № 8.

70. Патент на полезную модель 211830 U1 РФ, МПК А01В 29/04 (2006.01), А01В 29/06 (2006.01). Почвообрабатывающий каток / В.И. Пляка,

С.П. Казанцев, С.М. Каткова, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2022105078; заявл. 25.02.2022. – опубл. 24.06.2022. Бюл. № 18.

71. Патент на полезную модель 210275 U1 РФ, МПК А01С 7/12 (2006.01). Устройство для высева семян / В.И. Пляка, С.М. Каткова, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева // № 2021132823; заявл. 11.11.2021. – опубл. 05.04.2022. Бюл. № 10.

72. 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.

73. 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.

74. 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.

75. 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.

76. Пляка, В.И. Стендовые испытания экспериментальной сеялки для посева газонных трав / В.И. Пляка, С.М. Каткова, Н.А. Сергеева // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 5. – С. 24-29.

77. Посевные площади Российской Федерации в 2022 году (весеннего учета) [Электронный ресурс]. - URL: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Frosstat.gov.ru%2Fstorage%2Fmediabank%2Fposev-4%25D1%2581%25D1%2585_2022.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK (дата обращения: 20.04.2023).

78. Программа для управления механизмом положения сельскохозяйственного орудия. Семичев С.В., Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Сибирёв А.В., Пупин Д.С., Мосяков М.А., Кольцов А.Ф., Филиппов Р.А. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022617580, 22.04.2022. Заявка № 2022615894 от 07.04.2022.

79. Производство центробежных насосов, дизельные и электрические насосные станции, шланговые системы, технология буксируемых шлангов. Машиностроительный завод "ПОТОК". [Электронный ресурс] URL: <https://mzpotok.ru/catalog/shlangi-i-komplektuyushchie> (дата обращения 01.06.2023).

80. Раджабов, А.К. Технологии внесения удобрений и система защиты виноградных насаждений от вредителей и болезней / А.К. Раджабов, Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина, В.Ф. Федоренко. анализ обзор. – М.: «ФГБНУ Росинформагротех». – 2021. – 88 с.

81. Распоряжение Правительства РФ от 04.07.2023 N 1788-р <Об утверждении Стратегии развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года. <http://static.government.ru/media/files/8tJynEn7pLVLfddqL6p3BhArPtCQW9Aw.pdf>.

82. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2022 г. № 4133-р [Электронный ресурс]. - URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202212240015?index=0&rangeSize=1> (дата обращения: 20.04.2023).

83. Расходомер Optiflux 2100. KROHNE Group. Продукция. [Электронный ресурс] URL:https://krohne.com/k_ru/ru/pribory/izmerenie-raskhoda/raskhodomery/ehlektromagnitnye-raskhodomery/optiflux-2100 (дата обращения 23.05.2023).

84. Семичев, С.В. Способ регулирования положения сельскохозяйственного орудия в агрегате / С.В. Семичев, В.Н. Зволинский, М.А. Мосяков // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2019. – № 4 (29). – С. 86-91.

85. Семичев, С.В. Повышение курсовой устойчивости орудия при возделывании пропашных сельскохозяйственных культур / С.В. Семичев, И.Г. Смирнов, М.А. Мосяков // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2019. – № 3 (91). – С. 4-8.

86. Сибирев, А.В. Разработка системы автоматизированного контроля и управления тукосмесительной установки / А.В. Сибирев, Н.С. Панфёров, А.Ю. Овчинников, В.С. Тетерин, М.А. Мосяков, С.В. Митрофанов // Аграрная наука. – 2023. – № 372(7). – С. 121-128.

87. Смелик, В.А. Исследование рабочего процесса машины для локального внесения ферментированных органических удобрений / В.А. Смелик, М.А. Давудзай // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2023. – № 1. (42). – С. 97-103.

88. Смелик, В.А. Результаты исследований машины для внесения сыпучих органических удобрений / В.А. Смелик, М.А. Давудзай // Приоритеты развития АПК в условиях цифровизации и структурных изменений национальной экономики. Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, посвященной 190-летию со дня рождения И.А. Стебута, Санкт-Петербург, 2023. – С. 168-174.

89. Смелик, В.А. Выбор и обоснование метода оперативной оценки глубины заделки в почву удобрений и пестицидов в автоматизированной системе управления качеством и экологической безопасностью технологических процессов применения средств химизации / В.А. Смелик, О.Н. Первухина, О.И. Теплинский // Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, Санкт-Петербург, 29-31 января 2015 года. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2015. – С. 587-590.

90. Смелик, В.А. Методология оперативной оценки состояния технологической системы при выполнении работ по химизации в сельскохозяйственной производственной среде / В.А. Смелик, И.З. Теплинский, О.Н. Первухина, О.И. Теплинский // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 40. – С. 274-280.

91. Смелик, В.А. Обоснование параметров и режимов работы мобильных машин химизации с целью снижения антропогенной нагрузки на агроэкосистему / В.А. Смелик, О.Н. Теплинская // Сборник статей по итогам II международной научно-практической конференции "Горячкинские чтения", посвященной 150-летию со дня рождения академика В.П. Горячкина, Москва, 18 апреля 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 53-57.

92. Старовойтов, В.И. Расширить рамки реализации национального проекта «Развитие АПК» / В.И. Старовойтов // Картофель и овощи. – 2007. – № 4. – С. 12-14.

93. Старовойтов, В.И. Осваивать технологии с учётом конкретных условий / В.И. Старовойтов // Картофель и овощи. – 1993. – № 2. – С. 5.

94. Старовойтов, В.И. Технические вопросы обеспечения органического земледелия в России / В.И. Старовойтов, В.Б. Минин, А.А.

Устроев, Г.А. Логинов, Н.В. Воронов // В сборнике: Картофелеводство. Материалы научно-практической конференции. Под редакцией С.В. Жеворы. – 2017. – С. 130-133.

95. Старовойтов, В.И. Внедрение инноваций в агропромышленный сектор - ключ к развитию экономики России / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, П.С. Звягинцев, А.А. Манохина, Т.В. Жоврененко, В.П. Леденев // Международный технико-экономический журнал. – 2015. – № 4. – С. 36-40.

96. Старовойтов, В.И. 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.

97. Старовойтов, В.И. Агрономические предпосылки модернизации туковысевающих машин в картофелеводстве / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, А.А. Манохина, Х.Н.О. Насибов // В сборнике: Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. Редакционная коллегия: С.В. Стребков (председатель), А.Г. Пастухов (заместитель председателя), А.П. Слободюк, Д.Н. Бахарев, Н.В. Водолазская, А.С. Колесников, И.Ш. Бережная, О.А. Шарая, А.Г. Минасян, Компьютерная верстка: Д.Н. Бахарев, Н.В. Водолазская, А.С. Колесников. – 2018. – С. 191-196.

98. Старовойтова, О.А. Технологии внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, Н.П. Мишуров, Т.А. Щеголихина, А.А. Манохина, Н.В. Воронов. анализ обзор. – М.: «ФГБНУ Росинформагротех». – 2020. – 84 с.

99. Тимошина, Н.А. Плодородие почвы и продуктивность картофеля на основе сидератов, минеральных удобрений и биологически активных

препаратов / Н.А. Тимошина, Е.В. Князева, Л.С. Федотова, С.В. Жевора // Плодородие. – 2023. – № 2 (131). – С. 8-13.

100. Токушев, Ж.Е. Теория и расчет орудий для глубокого рыхления плотных почв / Ж.Е. Токушев. - М.: ИНФРА-М, 2003. – 300 с.

101. Трухачев, В.И. Техника и технологии в животноводстве / В.И. Трухачев, И.В. Атанов, И.В. Капустин, Д.И. Грицай. уч. пособие - Ставрополь, 2015. – 404 с.

102. Трухачев, В.И. Информационно-аналитическое обеспечение инновационного развития аграрных экономических систем / В.И. Трухачев, А.Н. Байдаков, Ю.Г. Бинатов, О.Н. Кусакина, О.М. Лисова, Д.В. Шлаев, А.В. Назаренко, Д.В. Запорожец, П.А. Сахнюк, Д.В. Гайчук, А.В. Тенищев, Л.И. Черникова, Д.С. Кенина, О.С. Звягинцева, М.В. Коршикова, Е.Г. Сергиенко, О.Н. Бабкина, А.Р. Григорян, А.П. Исаенко. монография. Ставрополь, АГРУС. – 2017. – 364 с.

103. Ушаков, А.Е. Разработка организационной системы оперативно-календарного планирования многономенклатурного производства на машиностроительном предприятии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.22 / Ушаков Александр Евгеньевич; [Место защиты: ГОУВПО "Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана"]. - Москва, 2010. – 162 с.: ил.

104. Федоренко, В.Ф. Повышение урожайности сельскохозяйственных культур применением нанотехнологий / В.Ф. Федоренко, Д.С. Буклагин, И.Г. Голубев, Л.А. Неменушая. науч.изд. - М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 96 с.

105. Федотова, Л.С. Применение новых видов органических удобрений при возделывании картофеля / Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Е.В. Князева, А.Э. Шабанов, В.В. Миронов, В.А. Шелепник // Москва, 2021. – 59 с.

106. Федотова, Л.С. Продуктивность картофеля и плодородие почвы на основе научно-обоснованной системы применения мелиорантов и

удобрений / Л.С. Федотова, Н.А. Тимошина, Е.В. Князева, Н.И. Аканова, А.В. Козлова // Научные труды по агрономии. – 2022. – № 4. – С. 41-52.

107. Халанский, В.М. Механизация растениеводства: учебник / В.М. Халанский, В.И. Балабанов, Б.С. Окнин и др. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2014. – 524 с.

108. Шульга, Е.Ф. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования Земли / Е.Ф. Шульга, А.О. Куприянов, В.К. Хлюстов, В.И. Балабанов, А.М. Зейлигер. Монография М.: РГАУ -МСХА, 2016. – 286 с.

109. Щеголева, И.В. Шланговая система - Ускорение / И.В. Щеголева, М.В. Леонов, В.В. Семин // НИВА плюс Федеральный деловой журнал. – 2019. – № 1-2. – С. 48.

110. Щеголихина, Т.А. Внесение удобрений в системе точного земледелия / Т.А. Щеголихина // Агрофизический институт: 90 лет на службе земледелия и растениеводства: матер. межд. науч. конф. – 2022. – С. 891-894.

111. Щеголихина, Т.А. Анализ функциональных характеристик и эффективности техники для внесения удобрений, предпосевной обработки почвы и заготовки кормов / Т.А. Щеголихина, М.Н. Болотина// Техника и оборудование для села. – 2022. – № 11 (305). – С. 27-33.

112. Щеголихина, Т.А. Самоходные энергетические средства для внесения удобрений и средств защиты растений на шинах низкого давления / Т.А. Щеголихина, В.Я. Гольцяпин // Инженерные решения для агропромышленного комплекса: матер. Всерос. науч.-практ. конф. – 2022. – С. 196-201.

113. Юмаев, Д.М. Исследование особенностей машин для внесения удобрений / Д.М. Юмаев, А.С. Лазутин, Г.К. Рембалович // В сборнике: Инновационные решения для АПК. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации Федеральное Государственное Бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский

государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева»
Совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ Совет молодых учёных и
специалистов Рязанской области. – 2023. – С. 207-213.

114. Ahmadi, I.A Power Estimator for an Integrated Active-Passive Tillage
/ I.A Ahmadi // Machine Using the Laws of Classical Mechanics Soil and Tillage
Research. – 2017. – 171. – pp 1-8.

115. Balota, E.L. Soil enzyme activities under pig slurry addition and
different tillage systems / E.L. Balota, O. Machneski, P.V. Truber // Acta
Scientiarum. – Agron. 2011. – 33. – pp 729-737.

116. Baral, K.R. Placement depth and distribution of cattle slurry influence
initial maize growth and phosphorus and nitrogen uptake / K.R. Baral, I.F.
Pedersen, G.H. Rubsk, P. Serensen // Journal of Plant Nutrition and Soil Science. –
2021. – № 184(4). – P.461-470.

117. Briukhanov, A. Method of designing of manure utilization technology
/ A. Briukhanov, I. Subbotin, R. Uvarov, E. Vasilev // Agronomy Research. –
2017. – V. 15. – № 3. – P. 658-663.

118. Byshov, N.V. Ecological and technological criteria for the efficient
utilization of liquid manure / N.V. Byshov, I.A. Uspensky, I.A. Yukhin, N.V.
Limarenko // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental
Science. 6th International Conference on Agriproducts Processing and Farming. –
2020. – С. 012069.

119. Deng, S.P. Effect of tillage and residue management on enzyme
activities in soils: III. Phosphatases and arylsulfatase / S.P. Deng, M.A. Tabatabai
// Biol. Fertil. – Soils. – 1997. – № 24. – P.141-146.

120. Ednach, V.N. Development of the design and justification of the
parameters of the distribution head of the pneumatic fertilizer seeder / V.N.
Ednach, N.N. Romanyuk, V.A. Ageichik, M.N. Kalimullin, A.A. Orekhovskaya,
D.N. Klyosov, V.A. Smelik // AIP Conference Proceedings. 2. Ser. "Proceedings
of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and
Technologies, CAMSTech-II 2021". – 2022. – С. 030009.

121. Izmaylov, A. Pig manure management: a methodology for environmentally friendly decision-making / A. Izmaylov, A. Briukhanov, E. Shalavina, E. Vasilev // *Animals*. – 2022. – T. 12. – № 6. – C.747.

122. Izmailov, A.Y. Digital system for monitoring and management of livestock organic waste / A.Y. Izmailov, A.S. Dorokhov, A.Y. Briukhanov, V.D. Popov, E.V. Shalavina, M.Y. Okhtilev, V.N. Koromyslichenko // *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. – 2022. – T. 121. – C. 22-33.

123. Francisco, C.A.L. Carbon and nitrogen in particle-size fractions of organic matter of soils fertilised with surface and injected applications of pig slurry / C.A.L. Francisco, A. Loss, G. Brunetto, R. Gonzatto, S.J. Giacomini, C. Aita, M.D.C. Piccolo, J.L.R. Torres, C. Marchezan, G. Scopel, R.F. Vidal // *Soil Research*. – 2021. – Vol. 60(1). – P. 65-72.

124. Jagadamma, S. Nitrogen fertilization and cropping systems effects on soil organic carbon and total nitrogen pools under chisel-plow tillage in Illinois. S. Jagadamma, R. Lal, R.G. Hoef, E.D. Nafziger, E.A. Adee // *Soil Till. – Res.* – 2007. – 95. – P. 348-356.

125. Holatko, J. Effects of Strip-Till and Simultaneous Fertilization at Three Soil Depths on Soil Biochemical and Biological Properties / J. Holatko, T. Hammerschmiedt, A. Kintl, J. Kucerik, O. Malicek, O. Latal, T. Baltazar and M. Brtnick // *Agronomy* 2022. – 12(11). – 2597.

126. Ketterings, Q.M. Can manure replace the need for starter nitrogen fertilizer? / Q.M. Ketterings, G.S. Godwin, S.N. Swink, & K.J. Czymmek // *Agronomy Journal*. – 2013. – 105. – 1597-1605.

127. Kheiralla, A F Modelling of power and energy requirements for tillage implements operating in Serdang sandy clay loam / A.F. Kheiralla, A. Yahya, M. Zohadie and W. Ishak // *Malaysia Soil and Tillage Research*. – 2004. – 78(1). – pp 21-34.

128. Lalande, R. Soil microbial biomass and enzyme activity following liquid hog manure application in a long-term field trial / R. Lalande, B. Gagnon, R.R. Simard, D. Côté // *Can. J. Soil Sci.* – 2000. – 80. – 263-269.

129. Lysych, M.N. Computer simulation of the process soil treatment by tillage tools of soil processing machines / M.N. Lysych // Computer Research and Modeling. – 2020. – 12(3). – 607-627.

130. Mallory, J.J. Evaluating the effect of tillage on soil structural properties using the pedostructure concept / J.J. Mallory, R.H. Mohtar, G.C. Heathman, D.G. Schulze, E. Braudeau // Geoderma. – 2011. – 163. – 141-149.

131. Maris, S.C. Strong potential of slurry application timing and method to reduce N losses in a permanent grassland / S.C. Maris, D. Abalos, F. Capra, G. Moscatelli, F. Scaglia, G.E. Cely Reyes, F. Ardeni, R. Boselli, A. Ferrarini, P. Mantovi, V. Tabaglio, A. Fiorini // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2021. – 311.

132. Martens, D.A. Management and crop residue influence soil aggregate stability / D.A. Martens // J. Environ. Qual. – 2000. – 29. – 723-727.

133. McKyes, E. Soil Cutting and Tillage / E. McKyes // Elsevier, New York, – 1985. – 217 p.

134. Moseley, P.J. The effect of injector tine design on odour and ammonia emissions following injection of bio-solids into arable cropping / P.J. Moseley, T.H. Misselbrook, B.F. Pain, R. Earl, R.J. Godwin // Journal of Agricultural Engineering Research. – 1998. – 71. – 385-394.

135. Nukeshev, S.O. Design and rationale for parametres of the seed-fertilizer seeder coulter for subsoil broadcast seeding / S.O. Nukeshev, N.A. Kakabaev, N.N. Romanyuk, I.P. Troyanovskaya, V.A. Smelik, S.A. Voinash // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall. - Krasnoyarsk, Russian Federation. – 2021. – C. 52010.

136. Obour, A.K. Changes in soil surface chemistry after fifty years of tillage and nitrogen fertilization / A.K. Obour, M.M. Mikha, J.D. Holman, P.W. Stahlman // Geoderma. – 2017. – 308. – 46-53.

137. Panov, A. Comparative tests of ridging cultivators with active and passive working tools / A. Panov, V. Plyaka, N. Lylin, M. Mekhedov, M. Mosyakov, S. Semichev // В сборнике: E3S Web of Conferences. Сер.

"International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, Conmechhydro 2021". – 2021. – С. 04017.

138. Pedersen, I.F. Tine tip width and placement depth by row-injection of cattle slurry influence initial leaf N and P concentrations and final yield of silage maize / I.F. Pedersen, T. Nyord, P. Serensen // European Journal of Agronomy. – 2022. – 133.

139. Pedersen, I.F. Row-injected cattle slurry can replace mineral P starter fertilizer and reduce P surpluses without compromising final yields of silage maize / I.F. Pedersen, G.H. Rubæk, T. Nyord, & P. Sørensen // European Journal of Agronomy. – 2020b. – 116. – 126057.

140. Plyaka, V.I. Seed drill used on complex configuration fields / V.I. Plyaka, N.A. Sergeeva, A.I. Panov, N.A. Yakovleva // В сборнике: IOP conference series: materials science and engineering. – 2020. – С. 012041.

141. Rahman, S Laboratory investigation of cutting forces and soil disturbance resulting from different manure incorporation tools in a loamy sand soil / S Rahman, Y Chen // Soil and Tillage Research, 2001. – Volume 58. – Issues 1-2. – Pages 19-29.

142. Rahman, S. Slurry Distribution in Soil as influenced by Slurry Application Micro-rate and Injection Tool Type / S Rahman, Y Chen, K Buckley, W Akinremi // Biosystems Engineering. –2004. –Volume 89. –Issue 4. – Pages 495-504.

143. Rahman, S. Soil Movement resulting from Sweep Type Liquid Manure Injection Tools / S Rahman, Y Chen, D Lobb // Biosystems Engineering. – 2005. – Volume 91. – Issue 3. – Pages 379-392.

144. Ren, X. Optimizing design and working parameters for liquid manure injection / X Ren, Y. Chen // ASAE paper 993014, Sheraton Centre, Toronto, Ont., July 18-21. 1999. – Pages 495-504.

145. Starovoitova O.A. The study of physical and mechanical parameters of the soil in the cultivation of tubers / O.A. Starovoitova, V.I. Starovoitov, A.A.

Манокхина // В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. International Conference on Applied Physics, Power and Material Science. – 2019. – С. 012083.

146. Vrtilek, P. Evaluation of the Impact of Different Soil Tillage on Physical Soil Properties / P. Vrtilek, V. Smutny, L. Neudert // In Proceedings of the 24th International PhD Students Conference for Undergraduate and Postgraduate Students (MendelNet), Mendel Univ Brno, Fac AgriSciences, Brno, Czech Republic, 8–9 November 2017. – 2017. – pp. 164-168.

147. Whalen, J.K. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils / J.K. Whalen, C. Chang, G.W. Clayton, & J.P. Carefoot // Soil Science Society of America Journal. – 2000. – 64. – P. 962-966.

148. Yadav, D. Impact of tillage practices on physico-chemical and microbiological properties of soil in wheat-pearl-millet cropping system / D. Yadav, K. Rani, L. Wati // Range Manag. Agrofor. – 2020. – 41. – P. 276-283.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 206217

Распределительное устройство для внесения жидких органических удобрений

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Алдошин Николай Васильевич (RU), Манохина Александра Анатольевна (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021109725**

Приоритет полезной модели **08 апреля 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **31 августа 2021 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **08 апреля 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0x02A5CFB5C00B1A5CF59A40A2F08092E9A118
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 207487

Устройство для внесения жидких органических удобрений

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Алдошин Николай Васильевич (RU), Манохина Александра Анатольевна (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021115225**

Приоритет полезной модели **27 мая 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **29 октября 2021 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **27 мая 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0x02A5CFB5C00B1A5CF59A40A2F08092E9A118
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 208134

Устройство для внесения несепарированных жидких органических удобрений

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Алдошин Николай Васильевич (RU), Манохина Александра Анатольевна (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021115226**

Приоритет полезной модели **27 мая 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **06 декабря 2021 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **27 мая 2031 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 0x02A5CFB5C00B1A5F59A40A2F08092E9A118
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 215121

Комбинированный дисковый почвообрабатывающий агрегат для экранного внесения жидких органических удобрений

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева" (ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева) (RU)*

Авторы: *Алдошин Николай Васильевич (RU), Цыгуткин Александр Семенович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU), Лылин Николай Алексеевич (RU), Леонов Алексей Михайлович (RU), Козлов Никита Дмитриевич (RU), Овсянников Сергей Анатольевич (RU), Высочкина Любовь Игоревна (RU)*

Заявка № **2022120152**

Приоритет полезной модели **22 июля 2022 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **29 ноября 2022 г.**

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **22 июля 2032 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 69b80077e14e40f0a94edbd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.03.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

№ 126499

ТРАНСПОРТИРОВЩИК ШЛАНГОВ

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью «Машиностроительный завод «ПОТОК» (RU)*

Автор(ы): *Леонов Михаил Валерьевич (RU), Кочановский Николай Львович (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021500003**

Приоритет(ы) промышленного образца **04 января 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре промышленных образцов Российской Федерации **26 июля 2021 г.**

Срок действия исключительного права на промышленный образец истекает **04 января 2026 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

№ 126760

МИКСЕР ЛАГУННЫЙ

Патентообладатель(и): *Общество с ограниченной ответственностью «Машиностроительный завод «ПОТОК» (RU)*

Автор(ы): *Леонов Михаил Валерьевич (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021500002**

Приоритет(ы) промышленного образца **04 января 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре промышленных образцов Российской Федерации **06 августа 2021 г.**

Срок действия исключительного права на промышленный образец истекает **04 января 2026 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

№ 126847

СТАНЦИЯ НАСОСНАЯ ДИЗЕЛЬНАЯ

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью «Машиностроительный завод «ПОТОК» (RU)*

Автор(ы): *Леонов Михаил Валерьевич (RU), Самусевич Алексей Викторович (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021500004**

Приоритет(ы) промышленного образца **04 января 2021 г.**

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре промышленных

образцов Российской Федерации **11 августа 2021 г.**

Срок действия исключительного права

на промышленный образец истекает **04 января 2026 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПРОМЫШЛЕННЫЙ ОБРАЗЕЦ

№ 126757

ПОМПА ЛАГУННАЯ

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью «Машиностроительный завод «ПОТОК» (RU)*

Автор(ы): *Леонов Михаил Валерьевич (RU), Кочановский Николай Львович (RU), Дубчинский Андрей Викторович (RU), Семин Валентин Владимирович (RU)*

Заявка № **2021500001**

Приоритет(ы) промышленного образца **04 января 2021 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре промышленных образцов Российской Федерации **06 августа 2021 г.**

Срок действия исключительного права на промышленный образец истекает **04 января 2026 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев





Общество с ограниченной ответственностью
АГРОТЕХНОПАРК

Почтовый адрес: 142108, Московская обл., г.о. Подольск,
пос. Железнодорожный, ул. Большая Серпуховская, д.202В, офис 315
тел.(495) 64-151-64 (многоканальный)
www.agrotexnopark.ru, e-mail: info@agrotexnopark.ru

Исх. №01/06 -

28.08.2023 г.

В диссертационный совет Д. 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./факс: 8(499)976–21–84.

Справка о внедрении

В производственной деятельности нашего предприятия в хозяйствах центрального Нечерноземья используются рекомендации по технологии внутривнесения жидких органических удобрений с одновременным высевом сидеральных культур на базе комбинированного агрегата, разработанного аспирантом ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева» Семиным Валентином Владимировичем. Производственные испытания комбинированного агрегата для внесения жидких органических удобрений по шланговой системе с одновременным высевом сидерата проводились в ЗАО «Тропарев» Можайского района Московской области.

Материалы исследований обладают актуальностью и представляют практический интерес при внесении органических удобрений и повышении плодородия почв. Применение рекомендаций позволяет иметь более высокий коэффициент экологической безопасности, благодаря чему обеспечивает экологический эффект в 2,33 больше в сравнении с традиционной технологией, сокращаются удельные затраты на доведение и сохранение питательных элементов.

С уважением,
генеральный директор



Ю.А. Горопов

ИНН 5012051993, КПП 501201001, ОКПО 88906435
р/с 40702810002090000110 в АО «Альфа-Банк» г.Москва
к/с 30101810200000000593БИК 044525593

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ – МСХА
имени К.А.ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

Тимирязевская ул., д. 49, Москва, 127434

Тел.: (499) 9760480

E-mail: info@rgau-msha.ru http://www.timacad.ru

ОКПО 00492931, ОГРН 1037739630697

ИНН/КПП 7713080682/771301001

В диссертационный совет 35.2.030.03

210923

№ 02-15/1465

На №

от

СПРАВКА

Дана Семину Валентину Владимировичу в том, что результаты его исследований в области совершенствования технологии совмещения внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений и посева сидеральной культуры, разработанный и изготовленный им комбинированный агрегат для внутрипочвенного внесения жидких органических удобрений с одновременным посевом сидеральных культур, используются в учебном процессе и учебной практике на кафедре сельскохозяйственных машин института механики и энергетики имени В.П. Горячкина для студентов разных направлений подготовки.

Проректор по науке и
инновационному развитию



А.В. Журавлев

И.о. директора института механики
и энергетики имени В.П. Горячкина

А.С. Апатенко

Требования для разработки комбинированного агрегата

№	Содержание требования
1.	Требования к качеству: Поставляемый товар должен быть: новым, то есть не бывшим в эксплуатации, не восстановленным, без дефектов материала и изготовления, не повреждённым, без каких-либо ограничений (залог, запрет, арест и т.п.) допущенным к свободному обращению на территории Российской Федерации, надлежащим образом сертифицирован. Товар должен поставляться комплектно.
2.	Требования к срокам и месту поставки: Поставка культиватора должна быть выполнена в течение 25 календарных дней с момента заключения договора. Адрес поставки - г. Москва ул. Лиственничная аллея дом 7а
3.	Требования к технической документации, упаковке, маркировке и транспортировке: 3.1. Упаковка и маркировка оборудования должна содержать все признаки оригинальности, установленные производителями - защитные пломбы; марки; содержащие все элементы защиты от подделок; серийный номер.
4.	Требования к отгрузке товара: 4.1. Объем поставляемого товара должен соответствовать спецификации на поставку заключенного договора. 4.2. При выявлении несоответствия требованиям спецификации, Заказчик возвращает всю партию Поставщику.
5.	Требования к гарантийным обязательствам изготовителя и условиям послепродажного обслуживания: 5.1. Гарантийная поддержка на оборудование осуществляется в течение срока, установленного заводом-производителем, но не менее 12 месяцев. Поддержка должна осуществляться силами Исполнителя с привлечением, при необходимости, специалистов производителя. 5.2. Поставщик обязан предоставить контактную информацию (номера телефонов, адрес электронный почты) по которой представители Заказчика могут разрешать вопросы гарантийного обслуживания поставляемого товара. 5.3. Весь товар должен быть сертифицирован в соответствии с требованиями законодательства РФ. При поставке вместе с товаром передаются сертификаты соответствия, гарантийные талоны, паспорта на технику на русском языке иную документацию необходимую для данного вида товара предусмотренную производителем и законодательством РФ.

Таблица 1.2 – Технические требования к культиватору и сеялке

№ п/п	Название	Наименование	Значение показателя	Ед. измер.	Количество, шт.
1	2	3	4	5	6
1	Культиватор	Ширина захвата	Не менее 4500	мм	1
		Ширина захвата	Не более 5000	мм	
		Способ агрегатирования орудия	Навесной		
		Количество рабочих органов	9	шт.	
		Глубина обработки в диапазоне	150-200	мм	
		Узел привязки к шланговой системе 127мм с делителем-измельчителем	1	шт.	
		Расходомер KROHNE Optiflux 2100 (или эквивалент), 154мм	1	шт.	
		Набор плоскорежущих лап с разрезным диском и пружинными предохранителями	9	шт.	
		Набор универсально стрельчатых лап в сборе: корпус, стойка пружинная, стрельчатая лапа	9	шт.	
		Каток зубчатый по ширине захвата культиватора	1	шт.	
		Место установки сеялки для высева мелкосемянных культур	1	шт.	
		Устройство регулировки нормы внесения	1	шт.	
		Опорные колеса для регулировки глубины обработки	2	шт.	
		Возможность перевода в транспортное положение с шириной орудия	не более 3000	мм	
		Возможность установки сеялки пункт 2	1	шт.	

Продолжение ПРИЛОЖЕНИЯ Н

1	2	3	4	5	6
2	Сеялка	Размеры: Д x Ш x В, вес:	400 л: 86 x 68 x 134 (90 кг)		1
		Способ агрегатирования орудия	Навесной		
		выпускные патрубки (DM 30 мм)	8	шт.	
		перегородки оцинкованные (DM 30мм)	8	шт.	
		гибкий спиральный шланг (DM 30 мм)	25	м.	
		пластиковый контейнер на 130, 200, 300 либо 400 л с гравированной шкалой в литрах (опционально)	1	шт.	
		крышка, имеющая поворотный замок и пломбу	1	шт.	
		нижняя заслонка регулируемого типа	1	шт.	
		вал мешалки	1	шт.	
		смотровое окошко на высевающем валу	1	шт.	
		высевной вал (встроенный, стандартного типа), выполненный из металла	1	шт.	
		электродвигатель высевающего вала с плавной регулировкой частоты вращения 20-65 мин ⁻¹ .	1	шт.	
		Профессиональная система управления, доступная непосредственно в салоне включение/выключение, плавная регулировка скорости двигателя высевающего вала. (предусмотрена регулировка количества),	1	шт.	
		электрические вентиляторы ВКЛ / ВНИЗ	1	шт.	
		датчик переключения для профессионального контроля, датчик контроля высевающего вала	1	шт.	
контрольная лампа воздуходувки	1	шт.			

Меры безопасности, подготовка к работе, правила эксплуатации и регулировки

Производить все виды работ с комбинированным агрегатом с использованием грузоподъемных механизмов, исключая поднятие тяжелых частей вручную.

Производить строповку комбинированного агрегата только за грузовые петли (места для строповки обозначены). Все работы, связанные с ремонтом и техническим обслуживанием производить только на отцепленном и зафиксированном агрегате, приняв меры против самопроизвольного опрокидывания агрегата.

При монтаже и демонтаже колес домкрат устанавливать под стойки колеса в местах с обозначением «ДК».

Разборку дисков несущих колес производить при спущенных камерах.

При отсоединении агрегата от трактора устанавливать на стойки колесные, установленные на брус транспортного устройства, и стойку для хранения. Для сохранения устойчивости агрегата в отцепленном состоянии устанавливать под колеса противооткатные упоры.

Для предупреждения несчастных случаев ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- движение по дорогам без установленных знаков габаритов и ограничения скорости, а также каната страховочного (крепить канат за планку навески трактора);

- находиться около агрегата посторонним лицам во время соединения с трактором;

- работать неисправным инструментом; производить очистку, смазку, ремонт и подтяжку резьбовых соединений агрегата во время движения агрегата, при работающем двигателе трактора, когда он навешен на трактор и поднят в транспортное положение без фиксации нижних тяг трактора;

- работать неисправным агрегатом;
- делать повороты с заглубленными рабочими органами;
- допускать к работе лиц, обслуживающих туковысевающие аппараты, не достигших 18-летнего возраста, а также кормящих матерей и беременных женщин.

Все работы, связанные с ремонтом и техническим обслуживанием производить только на отцепленном и зафиксированном агрегате.

К работе допускать только подготовленных трактористов.

- Лица, работающие с удобрениями, должны пройти медосмотр.
- Заправку бункеров удобрениями производить только при выключенном агрегате.
- Тщательно закрывать крышки бункеров. Не курить, не принимать пищи, не очищать бункеры туковысевающих аппаратов руками.
- Применять респиратор для защиты рта и носа при работе с пылящими минеральными удобрениями. При засыпке в бункер пылящих сухих туков находиться с наветренной стороны бункера. При работе в ветреную погоду с пылящимися удобрениями обслуживающий персонал должен носить предохранительные очки.
- Обслуживающий персонал должен носить спецодежду из пылезащитной ткани.
- После работы с удобрениями вымыть аппарат водой.
- По окончании работы с удобрениями и перед приемом пищи тщательно вымыть лицо и руки, прополоскать рот.

При работе гидроподъемник трактора включать только с сидения трактора.

Для обеспечения продольной устойчивости агрегата на переднем бруске тракторов установить балласт (кронштейн с грузами, который входит в комплектацию тракторов за отдельную плату).

Подготовка агрегата к работе

Подготовка агрегата к работе заключается в следующем:

- навесить агрегат на навеску трактора;
- навеской трактора поднять агрегат;
- убрать подставки и опустить агрегат;
- проверить давление в шинах опорно-приводных колес. Необходимое рабочее давление должно быть $0,294 \pm 0,01$ МПа ($3 \pm 0,1$ кгс/см²);

Подготовка секции рабочих органов к работе проводится на горизонтальной площадке с твердым покрытием.

Отрегулировать навесным устройством трактора горизонтальное положение балки агрегата.

Отрегулировать положение колеса секции регулировочным винтом (болт прижимной должен быть отпущен, по окончании регулировки его закрутить).

Подложить деревянные брусочки толщиной, равной требуемой глубине обработки, уменьшенной на глубину погружения колес в почву (глубина погружения зависит от плотности почвы и может колебаться в пределах 1-3 см).

Установить рабочие органы в пазах держателей, опустить их до опорной плоскости и закрепить (если рабочие органы, установленные на одной секции, должны работать на разной глубине, то при их установке необходимо использовать деревянные бруски различной толщины).

Перевод комбинированного агрегата для дальнего транспортирования.

Установить агрегат на ровном участке с уплотненной почвой и поднять гидронавеской в транспортное положение. Для ограничения произвольного опускания опустить и зафиксировать стойку для хранения.

Плавно опустить агрегат на землю. При этом секции катков займут верхнее положение. На каждой секции переустановить штырь в нижнее отверстие и зашплинтовать.

Перевод агрегата из транспортного положения в рабочее осуществляется в обратном порядке.

Правила эксплуатации и регулировки

Перед работой проверьте техническое состояние агрегата и правильность сборки.

Перевод агрегата из рабочего положения в транспортное и обратно осуществлять гидросистемой трактора, устанавливая рычаги распределительного устройства в позиции «подъем» и «плавающая».

При работе агрегата рукоятка гидрораспределителя трактора должна быть поставлена в положение **«Плавающее»**, заглубление рабочих органов должно происходить за счет массы агрегата.

Перед началом работы произведите опробование (обкатку) агрегата, проехав при рабочей скорости 50-100 м.

Следить за тем, чтобы стойки рабочих органов, заглубленных в почву, всегда находились в вертикальном положении, тогда будет обеспечена равномерная глубина обработки. Правильность положения рабочих органов достигается изменением длины центральной тяги подъемного механизма навески трактора. Глубину заглубления рабочих органов регулировать изменением положения колеса рамы. Вращением винта отрегулировать положение колеса. За один полный оборот винта колесо перемещается на 6 мм.

Заглублять рыхлители только при движении трактора вперед, в противном случае входные отверстия раструбов будут забиваться землей.
Подготовка семян сидератов.

Семена сидератов до засыпки в бункер должны быть просеяны. Влажность не должна быть выше предусмотренной соответствующими стандартами.

Загрузку производить непосредственно перед их высевом на месте работы. Транспортировать семена в бункере запрещается, от сотрясения они уплотняются, и нарушается качество посева.

Установить норму высева согласно данным таблицы.

В процессе высева проверять наличие семян в бункере аппарата.

При возникновении неисправности в высевающем аппарате в процессе высева, устранить их:

- при забивании патрубков снять резиновые трубки и прочистить патрубки;
- при забивании семяпроводов прочистить полость.

По окончании работы ежемесячно очищайте аппараты от остатков семян, так как под воздействием влаги происходит комкообразование, способствующее забиванию выгрузочных отверстий.

Не допускайте залипания рабочих органов землей. Очистку производите подъемами агрегата, встряхиванием на поворотах и чистиком на остановках.

В конце гона поднимите рабочие органы в транспортное положение, выполните поворот и только после поворота заглубите рабочие органы.

Запрещается поворот агрегата с заглубленными рабочими органами.

Правила хранения

Хранить комбинированный агрегат в закрытых помещениях или под навесом. Допускается хранение на открытых оборудованных площадках с твердым покрытием при обязательном выполнении работ по консервации и снятию сборочных единиц и деталей, требующих складского хранения

Резинотехнические изделия и другие ответственные детали необходимо снимать и хранить в закрытых складских помещениях. При невозможности хранения на складе изделий из резины - покрыть их защитным составом.

Все отверстия, через которые могут попасть атмосферные осадки во внутренние полости агрегата, должны быть плотно закрыты крышками.

Техническое обслуживание при хранении

Техническое обслуживание при хранении проводится 1 раз в год после окончания сезона.

При подготовке к длительному хранению:

- тщательно очистите агрегат от грязи и растительных остатков.

Помойте агрегат и подсушите, обдувая сжатым воздухом;

- установите агрегат на опоры (под стойки транспортных колес в местах, обозначенных буквами «ДК») и стойку для хранения, исключающие перекося балки и обеспечивающий разгрузку колес. Между шинами и опорной поверхностью должен быть просвет 8-10см. Рабочие органы не должны касаться земли;

- при обнаружении пришедших в негодность деталей отремонтируйте их или замените новыми;

- восстановите окраску, поврежденную во время работы;

- смажьте солидолом все резьбовые соединения;

- доведите давление в камерах пневматических колес до 0,092 МПа (1кгс/см²);

- проверьте комплектность агрегата;

- проверьте устойчивость агрегата.

При снятии с длительного хранения:

- очистите от пыли, грязи и консервационной смазки составные части агрегата;

- подкачайте камеры колес до нормального давления;

- проверьте техническое состояние агрегата.

Смазка комбинированного агрегата

Смазывайте агрегат в соответствии с таблицей 2 своевременно и в достаточной мере. Места расположения масленок обозначены желтыми указателями.

Набить солидол Ж-СКа 2/6-2 в ступицы опорно-приводных и транспортных колес до тех пор, пока он не выступит.

Таблица 2.2 – Смазка комбинированного агрегата

Наименование точек смазки	Количество точек смазки	Наименование и обозначение марок ГСМ	Периодичность смены ГСМ
Ступицы опорно-приводных колес	2	Ж-СКа 2/6-2	1 раз в сезон
Поворотное устройство	1	Ж-СКа 2/6-2	1 раз в сезон
Ступицы подшипников катка	2	Ж-СКа 2/6-2	4 раза в сезон

Демонтаж и утилизация

Изношенные части изделия нельзя выбрасывать в мусор. Металлические части отдать на склад металлолома, пластмассовые части выбросить в специализированные контейнеры для пластмасс или в скупающие пункты. Шины колес сдавать на полигоны по переработке и утилизации ТБО.

Принимать меры предосторожности и безопасности при обмене использованных деталей, применяя соответственные ручные и механизированные инструменты, а также средства личной безопасности (перчатки, рабочая одежда, очки и т.д.).