

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

на правах рукописи

Хамитов Радик Рамилович

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА
КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ**

Научно-квалификационная работа (диссертация)

на соискание квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь» по
направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и
энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве

Научный руководитель

д.т.н., доцент Калимуллин М.Н.

Обсуждена на заседании кафедры и допущена к представлению научного до-
клада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной
работы (диссертации) на государственной итоговой аттестации

(протокол № ___ от _____ 20__ г.)

Зав. кафедрой _____ профессор _____ Адигамов Н.Р.

Казань – 2018г.

АННОТАЦИЯ

к научно-квалификационной работе Хамитова Р.Р. на тему «Разработка и обоснование параметров рабочего органа картофелесажалки».

Научно-квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 65 листах машинописного текста и графической части на 6 листах формата А1.

Научно-квалификационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературных источников и приложений. Работа изложена на ____ страницах, включает ____ таблиц, ____ иллюстраций, ____ приложений и содержит ____ литературных источников.

В первой главе проведены исследования биологических свойств и агротехнических особенностей возделывания картофеля, выполнен анализ способов и технологических процессов посадки картофеля, а также конструкций картофелесажалок и сошников для их выполнения.

Во второй главе были проведены теоретические исследования рабочих элементов комбинированного сошника.

В третьей главе изложена программа, общая и частные методики экспериментальных исследований с характеристикой оборудования, используемого в лабораторно-полевых исследованиях; приводится описание объекта исследования и экспериментальной установки.

В четвертой главе представлены основные результаты лабораторных и полевых исследований. При этом в почвенном канале проводилось изучение влияния конструктивно-технологических параметров и режимов работы комбинированного сошника на выполнение качественных показателей посадки.

В пятой главе приведены результаты производственных испытаний и их анализ, а также расчет экономических показателей.

Работа завершается общими выводами и предложениями (рекомендациями) для производства на основе своих разработок.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	10
1.1 Технологические аспекты и агротехника возделывания картофеля	10
1.1.1 Агротехника посадки и физико-механические свойства картофеля	13
1.2 Анализ существующих способов и машин для посадки картофеля	17
1.3 Классификация сошников для посадки картофеля.....	24
1.4 Состояние исследований в области посадки клубней картофеля.....	26
1.5 Обоснование темы и задачи исследования	34
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ.....	39
2.1 Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа	39
2.2 Теоретическое исследование воздействия зубчатого дискового рабочего органа картофелесажалки на почву	43
2.3 Обоснование и определение конструктивных параметров дисковых рабочих органов.....	48
2.4 Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки	56
2.5 Методика расчета дозатора картофелесажалки	60
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	67
3.1. Программа исследований и план эксперимента.....	67
3.2. Методика экспериментальных исследований.....	69
3.2.1 Методика проведения лабораторных исследований.....	69
3.2.2 Методика проведения полевого опыта	73
3.2.3 Методика проведения производственных испытаний	76
3.3. Методика обработки экспериментальных исследований	76
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ	
4.1 Комбинированный сошник для посадки картофеля.....	79
4.2 Анализ результатов лабораторных исследований	82
4.3 Результаты полевых исследований.....	83
4.4 Анализ полевой всхожести клубней и урожайности картофеля	84
4.5 Результаты производственных испытаний изготовленных комбинированных сошников	85
5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСАДКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ КОМБИНИРОВАННЫМ СОШНИКОМ.....	86
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	88
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	89
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	101

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы.

Одним из неотложных задач АПК является повышение эффективности всех его отраслей, обеспечение страны продовольствием и сырьем на основе внедрения прогрессивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и эффективной техники.

На сегодняшний день в овощеводстве существует ряд перспективных технологий и технических средств, в частности для возделывания картофеля. Однако они являются достаточно энергоемкими и не в полной мере обеспечивают агротехнические требования к ним и показатели качества выполнения технологического процесса. При этом следует отметить, что создание новых рабочих органов для посадки клубней картофеля, наиболее полно отвечающих требованиям агротехники, сдерживается недостаточной изученностью данного вопроса как в теоретическом, так и экспериментальном плане.

В связи с этим актуальным является создание комбинированных картофелесажалок, одновременно совмещающих несколько операций, что способствует повышению их производительности при меньших энергетических и трудовых затратах с улучшением агротехнических показателей.

Степень разработанности.

В известных трудах ученых и библиографии недостаточно представлена теория работы и обоснование параметров комбинированных сошников, одновременно совмещающих несколько технологических операций.

Цель работы и задачи исследования.

Улучшение процесса посадки клубней картофеля на основе совершенствования технологии и комбинированного сошника картофелесажалки с последующим обоснованием его конструктивных параметров и режимов работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать конструктивно-технологическую схему комбинированного

сошника картофелесажалки.

2. Провести теоретический анализ рабочего процесса и научное обоснование конструктивных параметров сошника картофелесажалки.

3. Провести лабораторные исследования разработанного сошника для подтверждения достоверности результатов теоретических исследований.

4. Провести полевые исследования по качественным и энергетическим показателям работы с новым сошником и его влияние на формирование агротехнических показателей.

5. Определить технико-экономические показатели работы сошника и дать рекомендации производству.

Объект исследования.

Технологический процесс и техническое средство для посадки картофеля.

Предмет исследований.

Технологические, конструктивные параметры и режимы работы комбинированного сошника.

Методология и методика исследования.

Теоретические исследования технологических процессов посадки картофеля осуществлялись с использованием основных положений, законов и методов классической механики. Экспериментальная проверка теоретических исследований проводилась в лабораторно-полевых и производственных условиях по общепринятым и частным методикам в соответствии с действующими ГОСТ, ОСТ и СТО. Результаты экспериментальных исследований обработаны с использованием программ Microsoft Office Excel 2016 и Matlab.

Научная новизна основных положений, выносимых на защиту.

1. Конструкционно-технологическая схема комбинированного сошника, новизна которого подтверждена патентом РФ на изобретение №2632220.

2. Аналитические зависимости для определения конструктивных параметров комбинированного сошника и режимов работы картофелесажалки.

3. Результаты лабораторных исследований разработанного комбинированного сошника.

4. Результаты полевых исследований по качественным и энергетическим показателям работы картофелесажалки с новыми сошниками и их влияние на экономическую эффективность технологического процесса посадки клубней.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Проведенные исследования позволили создать картофелесажалку с новыми комбинированными сошниками, которая обеспечивает улучшение качества посадки картофеля и снижение энергетических затрат. Результаты работы, аналитические зависимости и теоретические выводы послужат дальнейшему совершенствованию рабочих органов – сошников картофелесажалки и могут быть использованы в производстве.

Вклад автора в проведенное исследование.

Предложена уточненная классификация сошников для посадки картофеля. Разработана конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника картофелесажалки. Изготовлена лабораторная установка и опытный образец картофелесажалки с разработанными рабочими органами. Проведены лабораторные и полевые испытания.

Степень достоверности результатов.

Обоснованность полученных результатов обусловлена корректным использованием математического аппарата. Достоверность научных результатов и положений подтверждена экспериментальными исследованиями в лабораторных и производственных условиях. Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований не менее 95% при погрешности опытов не более 5%.

Апробация работы.

Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях Казанского ГАУ (2015-2018гг); во Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики», проводимой в рамках мероприятий, посвященных 85-летию Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, 150-летию Русского технического общества и приуроченной к 70-летию со дня рождения доктора технических наук,

профессора, заслуженного работника высшей школы Российской Федерации Акимова А.П. 9-10 сентября 2016г), где был отмечен дипломом; в X Всероссийской конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса» (2017г); во Всероссийском научном конкурсе на лучшую научную работу (2017-2018гг).

Публикации.

1. Хамитов Р.Р. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа /Р.Р. Хамитов, Р.К. Абдрахманов, Г.Г. Булгариев, М.Н. Калимуллин// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2016. - №3.

2. Булгариев Г.Г. Обоснование и определение конструктивных параметров дисковых рабочих органов /Г.Г. Булгариев, Г.В. Пикмуллин, Р.Х. Марданов, Р.Р. Хамитов// Ежемесячный научно-производственный и информационно-аналитический журнал «Техника и оборудование для села». – М.: Издательство Российского научно-исследовательского института информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса (Правдинский), 2017. - №4. – С.20-23.

3. Хамитов Р.Р. Новый способ посадки картофеля /Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов//Сельский механизатор, 2017, № 6. - С.13-14.

4. Абдрахманов Р.К. Усовершенствование технологии посадки картофеля и орудие для ее реализации /Р.К. Абдрахманов, Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев// Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики» - Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2016. – С.9-15.

5. Хамитов Р.Р. Классификация сошников для посадки картофеля /Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов// Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Современное состояние прикладной науки в области механики и энергетики» - Чебоксары: ФГБОУ ВО Чувашская ГСХА, 2016. – С.238-241.

6. Хамитов Р.Р. Комбинированный сошник для посадки картофеля /Р.Р.

Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов// Научное обеспечение агропромышленного комплекса/ Сборник статей материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И.С. Косенко. Отв. за вып. А.Г. Коцаев, 2017. – С.646-647.

7. Булгариев Г.Г. Особенности бороздообразователей комбинированных сошников сеялок и картофелесажалок /Г.Г. Булгариев, Р.Р.Хамитов, Г.В. Пикмуллин// Устойчивое развитие сельского хозяйства в условиях глобальных рисков/ Материалы научно-практической конференции – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2016. – С.1147-151.

8. Хамитов Р.Р. Комбинированный сошник для посадки картофеля /Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов// Перспективные исследования и разработки молодых ученых/ Материалы научно-практической конференции - Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2017. - С.167-171.

9. Патент №2632220 РФ, МПК А01С 9/00, А01С 5/06, А01С 7/20. Сошник для посадки картофеля/ Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин, Г.Г. Булгариев, Р.К. Абдрахманов; заявл. 4.07.2016; опубл. 03.10.2017, Бюл. №28.

10. Патент №171085 РФ, МПК А01В 35/00. Широкозахватный выравниватель почвы/ Р.К. Абдрахманов, Г.Г. Булгариев, Р.Р. Хамитов, М.Н. Калимуллин; заявл. 21.10.2016; опубл. 19.05.2017. Бюл. №14.

На защиту выносятся следующие основные положения.

1. Конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника картофелесажалки.

2. Аналитические зависимости по обоснованию конструктивных параметров комбинированного сошника и режимов работы картофелесажалки.

3. Результаты лабораторных исследований разработанного сошника для подтверждения достоверности результатов теоретических исследований.

4. Результаты полевых исследований по качественным и энергетическим показателям работы с новым сошником.

5. Технико-экономическое обоснование использования разработанной картофелесажалки с комбинированными сошниками.

Соответствие научно-квалификационной работы паспорту научной

специальности.

Научно-квалификационная работа соответствует пунктам 1, 2 и 7 паспорта научной специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Структура и объем работы.

Научно-квалификационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературных источников и приложений. Работа изложена на _____ страницах, включает _____ таблиц, _____ иллюстраций, _____ приложений и содержит _____ литературных источников.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Технологические аспекты и агротехника возделывания картофеля

В современном картофелеводстве известно множество технологий для возделывания картофеля. Каждая из технологий должна отвечать следующим основным требованиям [3]:

- для получения высоких урожаев картофеля необходимо наряду с высококачественной подготовкой семенного материала в соответствии с агротехническими требованиями сажать картофель в сжатые сроки с соблюдением заданной густоты и глубины посадки;

- начало посадки определяют по пахотной спелости почвы, т. е. когда при обработке она хорошо разделяется с образованием мелкокомковатой структуры во всем пахотном горизонте;

- норма высадки изменяется в зависимости от массы семенных клубней (таблица 1.1):

Таблица 1.1 – Норма высадки семенных клубней

Масса семенных клубней, г	Норма высадки	
	тыс. шт/га	т/га
25 ... 50	65 ... 70	2,4 ... 2,8
51 ... 80	55 ... 60	3,5 ... 4,0
81 ... 100	45 ... 50	4,0 ... 4,5

При этом выбор оптимальной площадки питания и крупности клубней для получения высокого урожая имеет важное значение;

- при посадке следует обеспечить равномерность распределения клубней в рядке не ниже 60%, а клубни должны располагаться на заданной глубине.

- при рядовой посадке картофеля с междурядьями 70 см отклонение стыковых междурядий допускается не более +10 см, основных ± 2 см;

- при посадке клубни располагают выше минеральных удобрений, внесенных в гребень при нарезке и равномерно перемешанных с почвой в нижней их части;

- после посадки гребни должны иметь одинаковую высоту и должны быть прямолинейными, поворотные полосы прямые, иметь ширину, необходимую для свободного разворота трактора на последующих операциях ухода;

- при посадке картофеля пророщенными клубнями для получения ранней продукции общий процент обламывания и повреждения ростков не должен превышать 25% от их общего количества на клубнях.

В основном традиционные технологии посадки картофеля осуществляются картофелесажалками с разными характеристиками и различных производителей [4]. Очень популярны отечественные сажалки КСМ-4А и КСМГ-4, производительность которых варьирует от 0,9 до 1,2 га/ч. Во многих хозяйствах используют шестирядную сажалку КСМ-6 производительностью до 1,7 га/ч. Широко распространены в России и сажалки завода «Лидасельмаш» (Беларусь): двухрядные Л-201 и четырехрядные Л-202 с производительностью соответственно до 0,7 га/ч и до 1,7 га/ч. Удобны в использовании сажалки зарубежных фирм Cramer, Grimme, Nassia и других.

ЗАО «Колнаг» выпускает четырехрядную полуприцепную автоматическую картофелесажалку элеваторного типа с гидравлически опрокидываемым бункером HASSIA SL 4 BZS, предназначенную для посадки непророщенных клубней. Эта картофелесажалка может применяться во всех почвенно-климатических зонах, где возделывается картофель. Она агрегируется с тракторами тяговых классов не ниже 1,4 и предназначена для работы на ровных участках и на склонах до 5°. Привод высаживающих аппаратов картофелесажалки осуществляется от ее ходовых колес.

Технологический процесс картофелепосадочной машины состоит из трех основных фаз [3, 4]:

- создание равномерного потока клубней от питающего ковша до сошника;
- создание равномерного потока минеральных удобрений от туковывсевающего аппарата до сошника;
- открывание сошником борозды, укладка клубней и удобрений и заделка их почвой.

Как известно, в большинстве случаев посадка проводится без яровизации, что приводит к удлинению периода появления всходов, повышает поражаемость клубней болезнями и вредителями, сокращает период вегетации культуры. Также использование устаревших малоэффективных рабочих органов (сошников) не в полной степени обеспечивают выполнение агротехнических условий посадки клубней картофеля.

Во многих работах прослеживается тенденция создания новых и совершенствования существующих технологий на основе более рациональных методов (способов) и рабочих органов для ее реализации.

Так, например, известная интенсивная технология выращивания картофеля и зональная технология посадки картофеля с частичным присыпанием клубней предусматривают совмещение операций предпосадочной обработки клубней с посадкой их в почву механизированным способом, что весьма эффективна и дает значительную прибавку урожая [1, 2].

Однако в указанных технологиях после достижения определенного периода развития клубни дополнительно укрываются сверху почвой путем сдвига или перемещения ранее образованных гребней. Эта операция совмещается с довсходной обработкой посевов против сорных растений. В дальнейшем при появлении всходов на уровне поверхности борозд проводится первая повсходовая обработка легкими или средними боронами с выравниванием поверхности и одновременным рыхлением с целью более полного уничтожения сорняков. При этом для предотвращения повреждения посаженных клубней и обеспечения устойчивого хода орудия, заделка семян картофеля почвой производится при движении бороновального агрегата под углом к направлению открытых борозд. Далее вторая повсходовая обработка проводится поперек направления движения при предыдущем бороновании.

Как видно из вышеизложенного, даже в перспективных технологиях возделывания картофеля до сих пор применяются агрегаты с традиционными (примитивными, устаревшими) рабочими органами. В связи с этим следует, что для полной реализации перспективных технологий их необходимо

усовершенствовать путем разработки и внедрения рациональных рабочих органов (например, сошников, выравнивателей и др.).

1.1.1 Агротехника посадки и физико-механические свойства картофеля

Картофель – многолетнее травянистое, клубненоносное растение, но в культуре возделывается как однолетнее, потому что жизненный цикл его, начиная с прорастания клубня и заканчивая образованием и формированием зрелых клубней, проходит за один вегетационный период. Картофель относится к семейству пасленовые (Solanaceae) роду *Solanum*.

Корневая система картофеля, выращенного из клубня – мочковатая. Она представляет собой совокупность корневых систем отдельных стеблей.

Клубень представляет собой утолщенный и укороченный стебель. Он является местом отложения запасных питательных веществ. Ту часть клубня, которой он прикреплен к столону, называют основанием, а противоположную – вершиной.

По ценности как продовольственная, кормовая и техническая культура картофель занимает ведущее место после зерновых. Ценность его обусловлена высоким содержанием в клубнях питательных веществ (крахмала 17,5%, белка 1-2%, сахара 0,5%, минеральных солей 1%) и витаминов (С, В₁, В₂, В₆, РР, К), а также высокой урожайностью клубней (в среднем 200-300 ц/га). Кроме того, картофель хороший предшественник для большинства сельскохозяйственных культур.

Как техническое сырье картофель используют для получения технического спирта и крахмала.

Картофель сажают рядовым способом. Основное междурядье в большинстве районов нашей страны 70 см. Однако в районах повышенной влажности (Дальний Восток, Сибирь) и на поливных участках применяют широкорядную посадку с междурядьем 90 см. В некоторых районах Европейской части на засушливых участках картофель сажают с междурядьем 60 см.

К моменту уборки картофельное поле в большинстве районов имеет гребнистый вид, полученный в результате окучивания. Высота гребней 11-20 см.

В районах с недостаточным количеством влаги окучивание не производят: применяют безгребневую (гладкую) посадку.

Физико-механические свойства клубней и ботвы в значительной степени зависят от сорта картофеля и почвенно-климатических условий его произрастания. Осредненные значения их, по данным Е.А. Глухих и ВИСХОМа, приведены в справочниках [Босой].

С увеличением степени зрелости и размеров клубней повышается прочность картофеля.

Ботва картофеля в среднем содержит 3-6 стеблей длиной 60-90 см (максимально до 2 м) и диаметром у основания 4-20 мм. Отношение массы ботвы к массе клубней равно 1/3-1/2. Объемная масса ботвы в уплотненном состоянии 133 кг/м³.

Качество работы картофелеуборочных машин зависит в первую очередь от влажности и механического состава почвы, которые обуславливают тяговое сопротивление машин, износ и, особенно, сепарирующую способность рабочих органов. В твердом состоянии почва легко сепарируется, когда преобладают некомковатые песчаные, супесчаные почвы и легкие суглинки при оптимальной влажности и хорошей подготовке и имеются почвенные комки, разрушаемые статической нагрузкой до 196 Н (20кгс). Трудно сепарировать почву, если много прочных почвенных комков, для разрушения которых необходимы усилия, превышающие усилия, допустимые для воздействия на клубень (на клубень допускается нагрузка не более 80% от разрушающей).

В пластичном состоянии почва обладает повышенной липкостью, благодаря чему обычные сепарирующие рабочие органы залипают и становятся неработоспособными.

В период уборки влажность почвы в картофельной грядке колеблется в среднем от 10 до 26%. Наиболее эффективно работают картофелеуборочные машины при влажности 14-20%.

Картофель - одна из высокопродуктивных сельскохозяйственных культур, дающая с единицы площади больше питательных веществ, чем зерновые. От других сельскохозяйственных культур картофель выгодно отличается

универсальностью применения. Это ценный пищевой продукт, техническое сырье для промышленности, питательный корм для скота. Как продукт питания картофель богат различными питательными веществами. Его клубни содержат 16...24% углеводов (преимущественно крахмала), до 3% белка [5, 8].

Важное значение картофель имеет и как техническая культура. Из 1 т клубней с крахмалистостью 19% можно получить 112 л спирта и 55 кг жидкой углекислоты, 170 кг крахмала и 880 кг мезги, или 80 кг глюкозы и 65 кг гидрола. Из продуктов переработки картофеля изготавливают покрышки для автомашин, ценные лаки, искусственный шелк, кинематографическую пленку, пластмассы, кондитерские изделия, духи, лекарства и т.д. Велика роль картофеля и как кормовой культуры, особенно для молочного скота, свиней и птицы [9, 10, 11, 12].

Картофель, как пропашная культура, хороший предшественник для других сельскохозяйственных культур. Почва после уборки остается не только чистой от сорняков, но и богатой питательными веществами [9, 10]. На уровень производства картофеля в различных зонах выращивания значительное влияние оказывают природно-климатические условия. Картофель является растением умеренного климата. Образование ростков начинается при температуре в пахотном слое около 6...8°C. Клубнеобразование нормально идет при температуре почвы 16...18°C, что соответствует температуре воздуха 21...25°C [5, 11, 12]. Картофель чувствителен к наличию влаги, механическому составу и плодородию почвы. Лучшие результаты по урожайности он дает на рыхлых с хорошей воздухопроницаемостью почвах.

Киргизия - горная республика со сложным пересеченным рельефом, с ярко выраженной климатической зональностью. Лучшие условия для выращивания картофеля имеются в Иссык-Кульской котловине. Умеренный климат в сочетании с орошением позволяют получить здесь высокие урожаи. Почти во всех земледельческих зонах республики естественные осадки не могут удовлетворить потребность растений в воде. Поэтому важным приемом выращивания картофеля является орошение [13, 14].

Получение высоких урожаев с наименьшими затратами труда и средств возможно лишь на базе комплексной механизации всех производственных

процессов, которая позволяет производить все операции по выращиванию клубней в установленные агротехнические сроки. При этом особое значение имеет высокое качество работы посадочных машин, обеспечивающих размещение семенного материала по заданной схеме.

Чтобы обеспечить получение высокого урожая картофеля при наименьшем расходе семенного материала, семенные клубни, качество посадки и конструкция картофелесажалок должны отвечать определенным требованиям [15]. Клубни семенного картофеля должны быть целыми, здоровыми, сухими, чистыми, типичными по форме. Масса их должна быть в пределах от 35 до 150 г.

Семенной материал перед посадкой следует путем калибровки разделить на три фракции: мелкую (клубни массой менее 40 г), среднюю (40...80 г) и крупную (более 80 г). Калибровка клубней дает возможность точнее отрегулировать машину на густоту посадки, получить выровненные всходы.

Размеры семенного материала играют важную роль в накоплении урожая. Влияние крупности клубней на урожай довольно широко освещено в трудах научно-исследовательских институтов страны, а также в публикациях отдельных ученых [17...22]. Изученные материалы позволяют сделать вывод о том, что для семенных целей лучше использовать клубни средней фракции (40...80 г).

Крупные целые клубни высаживать экономически нецелесообразно ввиду большого расхода посадочного материала, а разрезание их на части не всегда приводит к желаемым результатам из-за низкой всхожести, заражаемости болезнями [21, 22]. Резаные клубни хуже захватываются вычерпывающими аппаратами картофелесажалок. Все это приводит к пропускам, неравномерным изреженным всходам. Мелкая и крупная фракции должны высаживаться отдельно. В семенном материале не должно быть клубней с теньевыми ростками и посторонних примесей более 0,5%. Равномерность раскладки клубней при густоте 45...55 тыс./га должна быть не менее 80%, а при густоте 70...80 тыс./га - не менее 60%. Сажалка должна высаживать на 1 га от 45 до 80 тыс. клубней на глубину от 4 до 14 см с интервалами регулировки 2 см. Отклонение от средней заделки допускается не более + 2 см.

За один проход картофелепосадочная машина должна раскрывать борозды и равномерно укладывать в них клубни. Плотность почвы на дне борозды под клубнями на тяжелых суглинистых дерново-подзолистых почвах должна быть не более 1,2 г/см³, а на связных песчаных дерново-суглинистых почвах - менее 1,4 г/см³.

Требования к сошнику как деформатору почвы следующие:

- а) соответствие глубины борозды, образованной сошником, заданной глубине заделки семян;
- б) прикрытие клубней, уложенных на дно борозды, влажной почвой;
- в) недопустимость выноса влажной почвы на поверхность поля;
- г) деформация и отбрасывание почвы должны быть минимальными.

Основными из них являются равномерное распределение клубней картофеля по посевной площади, по глубине, укладка их на уплотненное ложе и заделка влажной рыхлой почвой. При этом удобрения стандартной или несколько повышенной влажности при сплошном внесении должны равномерно распределяться по поверхности поля. Отклонение в высева удобрений по длине пути для тарелочных аппаратов не должно превышать 25% от среднего высева, а по ширине захвата – 15%. Допустимое отклонение высева удобрений центробежными разбрасывателями по ширине захвата не более 25%.

1.2 Анализ существующих способов и машин для посадки картофеля

Картофелесажалки подразделяются на сажалки с ручной закладкой клубней, полуавтоматические и автоматические. В нашей стране производятся только автоматические; за рубежом выпускаются как рассчитанные на ручной труд, так и на автоматизацию посадки. На рис. 1.3 приведена классификация картофелесажалок по некоторым их основным признакам, разработанная по литературным данным [34, 44].

При организации промышленного производства отечественных картофелесажалок ориентировались на выпуск автоматизированных машин, способных обеспечить достаточно высокую производительность труда, соответствующую задачам социалистического преобразования сельского

хозяйства. Большое внимание было обращено поэтому на создание надежных посадочных аппаратов.

В применении посадочных аппаратов картофелесажалок у нас в стране прослеживается три этапа [34, 35]. Первый этап характеризуется применением аппарата ложечно-барabanного типа (1931... 1947 г.г.), второй использованием аппарата ложечно-дискового типа (1947...1968 г.г.), захватывающего клубни при трении их о неподвижную боковину ковша-питателя путем фиксации в ложечках. С 1969 года применяется принудительная подача клубней в камеру вычерпывания.

Первой отечественной картофелесажалкой была конная КС-2 с пружинными бороздораскрывателями, которая выпускалась с 1931 г. и затем неоднократно совершенствовалась. В машине СКК-1 уже механизировались раскрытие борозды, захват клубней, укладка их в борозду и укрытие почвой. Высаживающий аппарат был элеваторного типа, предусматривалась ручная корректировка

Интересную конструкцию имела довоенная картофелесажалка КС-4. В ее конструкции имелись лункокопатели, а клубни направлялись в лунки. Прототипом современных картофелесажалок явилась сажалка СК-2, которая потом дорабатывалась, и ее модификации выпускались под марками СКП-4 и СКН-2. С 1947 г. на машине СКН-2 были установлены ложечно-дисковые высаживающие аппараты, применяемые с некоторыми изменениями и на современных машинах [36, 43, 37].

С 1953 г. выпускаются 4-рядные квадратно-гнездовые картофелесажалки СКГ-4, а с 1962 г. - современные сажалки СН-4Б для рядовой и квадратно-гнездовой посадки картофеля с междурядьем 60 и 70 см с одновременным внесением минеральных удобрений, имеющие ложечно-дисковые высаживающие аппараты и установленные в сошниках четырехлопастные роторы для равномерной раскладки клубней. Выпускаемые в настоящее время картофелесажалки СКМ-6, КСН-90 и новая КС-4 не имеют принципиальных отличий от СН-4Б [37, 38, 40, 41, 44].

Привод современных картофелесажалок осуществляется от вала отбора мощности трактора. Поэтому для обеспечения заданного шага посадки необходимо установить определенное соотношение между частотой вращения вала высаживающего аппарата и скоростью движения машины.

Перекатывание клубня после падения на дно борозды из сошника с прямым ротором рассмотрено в работах [46, 47], а процесс падения клубня в борозду, образования вмятины в почве и раскатывания клубней вдоль борозды - в работе [48]. В доступной нам литературе отсутствует теоретический анализ процесса распределения потока клубней от высаживающего аппарата на две или несколько строчек, который необходим для внесения соответствующих поправок при расчете фактического интервала между клубнями в ряду.

При рассмотрении процесса посадки картофеля следует учитывать необходимость синхронной работы высаживающего аппарата и ротора и определить оптимальное взаиморасположение соответствующих механизмов обеспечения точной подачи клубней к дну борозды [45].

В настоящее время в сельском хозяйстве нашей страны наблюдается процесс научно-технической революции, одной из характерных особенностей которого является замена существующей сельскохозяйственной техники на новую, более производительную. Основными тенденциями изменения конструкции картофелесажалок являются [49, 50]:

- оснащение картофелесажалок высаживающими аппаратами производительностью более 500 клубней в минуту;

- создание универсальных машин для автоматической посадки пророщенных и непророщенных клубней;

- переход на выпуск машин с большими технологическими емкостями - бункерами (200...500 кг семенных клубней на рядок);

- оснащение посадочных агрегатов опускающимся бункером для облегчения механизации загрузки семенным материалом;

- создание специализированных машин для специфических условий работы

- при избыточном увлажнении, для горных склонов и т.д.;

- разработка скоростных и универсальных посадочных аппаратов, устройств для повышения качества раскладки клубней.

При изыскании и создании новых рабочих органов картофелесажалок следует учитывать основные направления развития картофелепосадочных машин.

Укладка семенных клубней картофеля в почву на заданную глубину в картофелесажалках осуществляется сошником различной конструкции. Технологический процесс работы сошников заключается в раскрытии борозды на глубину заделки клубней, поддержании формы борозды в момент падения клубня и укрытии клубней почвой.

По мере развития конструкции картофелесажалок видоизменялись и сошники в направлении улучшения качества их работы. В разное время на отечественных и зарубежных картофелесажалках применялись сошники различного типа: дисковые, лаповые и клиновидные. Дисковые сошники имеют вид сферических дисков, установленных под углом к направлению движения, лаповые - по типу культиваторных лап, а клиновидные имеют сложную форму с элементами различного назначения.

Сферические диски как почвообрабатывающие рабочие органы впервые были применены в США в 1847 году на дисковых плугах, а затем в дисковых боронах и дисковых луцильниках. На посадке и обработке картофеля сферические диски стали употребляться сравнительно недавно. Дисковые сошники хорошо производят рыхление почвы, обеспечивают достаточную толщину рыхлого слоя, менее чувствительны к залипанию почвой, забиванию сорной растительностью, удовлетворительно работают на тяжелых, засоренных и унавоженных почвах [57, 58].

Однако дно борозды, образованное дисковыми сошниками, получается бугристым, глубина посадки неравномерна вследствие осыпания земли до укладки клубней в борозду. Равномерная глубина посадки обеспечивается только в том случае, когда не происходит осыпания почвы на дно борозды [53, 59].

Дисковые сошники различаются по количеству дисков: однодисковые и двухдисковые. Один сферический диск поставлен на матине Клингарда, два диска - на машинах Фрибеля, КС-4. Однодисковые сошники образуют борозды шириной до 18 см, двухдисковые - 20...21 см, глубина борозд колеблется от 5 до 10 см.

Однодисковый сошник имеет большой вес, оказывает значительное сопротивление, перемещает почву, с углом атаки 20° дает плотное дно борозды эллиптической формы. Сброшенные клубни ударяются о дно борозды, подсакивают и раскатываются в стороны на 10...15 см [54, 60]. Заглубляются дисковые рабочие органы в почву с помощью пружин, обеспечивающих вертикальное давление не менее 750 Н [65]. Для получения борозды нужной глубины диск должен иметь большой диаметр и требует большого тягового усилия [61, 62, 66]. Поэтому в большинстве современных посадочных машин дисковые сошники не применяются.

Лаповые сошники как наиболее простые по конструкции применялись в начальный период развития картофелесажалок. Они имели вид дружинных лап, универсальных двухсторонних (листерных) лап и бороздонарезающих (окучивающих) двухотвальных лап. Культиваторные лапы устанавливались на отечественной картофелесажалке КСУ-2, на зарубежных "Лессерия". Сажалки "Фрибель", "Пакман" имеют сошник в виде окучивающего корпуса. Исследование работы сошника-лапы листерного типа провели Г.А. Лазур, М.К. Мальев [66]. Они установили, что такой сошник по сравнению с дисковыми улучшает крошение почвы и снижает гребнистость поверхности. Однако лапы не могут дать глубокой и объемной борозды для размещения клубней, поэтому в настоящее время на отечественных картофелесажалках они не нашли применения [51, 52].

Наибольшее распространение в современных картофелепосадочных машинах получили сошники клиновидного типа, которые на хорошо подготовленных почвах обеспечивают высокое качество работы. Клиновидный сошник при горизонтальном перемещении врезается углом клина в почву, раздвигая почвенный пласт, и образует борозду, в которую падают клубни. При

дальнейшем движении происходит осыпание почвенных частиц под крыльями и за крыльями сошника, приостанавливающее перемещение упавшего на дно борозды клубня.

На современных зарубежных картофелесажалках "Мак-Кормик", "Джон-Дар", "Оливер", "Спольдинг", "Робот", "Айрон-Эди" поставлены сошники с тупым углом вхождения, на картофелесажалках "Джексон", "Фрикке", "Фрибель", "Ковер-Уэлл", "Лессория", "Смел- фонд", "Такман" - с острым углом вхождения в почву [11, 68, 68].

В нашей стране на прицепных картофелесажалках СК-2, СКНР-1, СКИ-4, КП-2, КСКН-2, СКГ-4 применены сошники с тупым углом вхождения, а на навесных сажалках СН-4Б, КСН-90 и на полунавесной СКМ-6 установлены сошники с острым углом вхождения в почву. При выборе типа сошника следует исходить из необходимости обеспечения устойчивого хода сошника и всей машины. Сошники соединяются с рамой с помощью параллелограммного механизма, который сохраняет постоянное их положение относительно горизонта при копировании неровностей поверхности поля [23, 55, 63].

Раскрытие борозды сошником изучалось профессором М.Х. Пигулевским [69, 70]. Он проследил процессы образования и закрытия борозды, производимые клиновидными сошниками, и установил, что сошник с острым углом вхождения поднимает частицы почвы к поверхности и перемещает вперед. Килевидный сошник перемещает частицы вперед и вниз.

Основоположник земледельческой механики академик В.П. Горячкин [71] указывал, что при одинаковом нормальном давлении на поверхность сопротивление перемещению косо поставленного клина ниже, чем у прямо поставленного. Профессор Н.В. Щучкин [72] исследовал движение почвы по плоскому клину, определил его тяговое сопротивление и пришел к выводу, что для перемещения плоского клина под углом требуется меньшая сила, чем при движении клина перпендикулярно к его лезвию.

С.С. Саакян [73] пишет, что сошники анкерного типа просты по конструкции, легки, оказывают небольшое тяговое сопротивление, работают удовлетворительно даже на плохо разделанных почвах, но забиваются

растительными остатками. Килевидные сошники несколько вдавливают частицы почвы вниз, уплотняя борозды, но меньше забиваются растительностью. Анкерные и килевидные сошники легче дисковых, просты в ремонте и эксплуатации [74].

М.П. Набатян и Д.В. Пологих рекомендуют методику оценки бороздообразования [75], которая позволяет осуществить качественную и количественную оценку раскрытий борозды в соответствии с агротребованиями, выбрать тип сошника и его оптимальные параметры с точки зрения минимального воздействия на почву, всесторонне оценить качество работы исследуемых сошников.

Равномерная глубина посадки клубней обеспечивается в том случае, когда не происходит засыпания борозды. В то же время осыпающийся на дно слой почвы смягчает удар падающего клубня и уменьшает раскатывание вдоль борозды. Клиновидные сошники обеспечивают достаточную толщину рыхлого слоя [60].

Е.А. Глухих [76] аналитически определил ширину борозды при работе сошника с тупым углом вхождения. Ее величина возрастает с увеличением глубины хода сошника. Так, для сошника СК-2 ширина борозды изменяется от 0 до 15 см при увеличении заглубления от 0 до 20 см.

А.Ф. Владимиров [77, 78], исследовав работу клина с разными углами вхождения, приходит к выводу, что давление в песке наибольшее при остром угле наклона к горизонту и наибольшее при тупом. Зона распространения давления для клина с острым углом также является наименьшей, с тупым - наибольшей.

Процесс бороздообразования изучали также О.И. Дятлов [79], В.Н. Левенец [80], В.М. Соколов [81], Н.Е. Кудрявцев [82], В.А. Мельников [83], Л.Ю. Пронько [84], М.В. Сабликов [85].

М.Н. Летошнев считает, что наилучшей формой профиля наральника анкерного сошника с точки зрения заглубляемости будет кривая, в каждой точке которой силы нормального давления и силы трения будут проходить через шарнир подвески сошника [86].

Наибольшей способностью заглубления обладают анкерные сошники. Вертикальная устойчивость достигается уменьшением угла вхождения [88]. Согласно рациональной формуле академика В.П. Горячкина, тяговое сопротивление сошников тем меньше, чем меньше их ширина.

Исследованием зависимости движения почвы от формы рабочей поверхности занимались многие авторы [89...94]. При изучении процесса образования борозды для посадки картофеля исследователи обращали внимание на кинематику, динамику и заглубляемость сошника, взаимодействие клина с почвой, движение связного пласта и отбрасывание частиц почвы. Целью дальнейшего анализа процесса работы сошника должно быть углубление и расширение полученных ранее результатов, выявление путей заделки клубней влажной почвой без перемешивания нижнего горизонта с верхними сухими слоями почвы, разработка конструкции сошника, выполняющего одновременно нарезку двухстрочной борозды и распределение клубней на две строчки и обеспечивающего высокое качество процесса посадки.

1.3 Классификация сошников для посадки картофеля

Обзор существующих классификаций рабочих элементов сошниковой группы, в частности сошников для посадки картофеля, показал, что они характеризуются большим разнообразием конструкции рабочих органов, значительно отличающихся как по принципу действия, так и по устройству [1, 2, 3]. Для более обоснованного выбора перспективных сошников необходима их систематизация по основным критериям выполнения технологического процесса и конструктивных особенностей. При этом в общем случае сошники для посадки картофеля образуют три основные группы: пассивные, ротационные и комбинированные.

Известные классификации по ограниченным признакам помогают решать лишь отдельные задачи, но не всегда дают возможность охватить все сочетания признаков, пригодных для синтеза, анализа и перспективного проектирования новых рабочих элементов сошниковой группы картофелесажалки.

Для качественного выполнения технологии посадки картофеля, сошниковая группа должна объединять технологические операции такие как рыхление

почвы, бороздообразование, посадка и присыпка клубней слоем почвы. В связи с этим, широко применяются рыхлители, бороздообразователи, клубнепроводы и почвораспределители различной конструкции.

Однако эти рабочие элементы сошниковой группы, хотя и могут объединить несколько операций, сами по себе отдельно не способны качественно выполнять агротехнические требования посадки клубней картофеля. Только при комбинировании этих рабочих элементов возможно управлять процессами данной технологии.

В связи с этим, нами разработана новая классификация сошников для посадки картофеля по рабочим элементам сошниковой группы (рисунок 1.1), так как по конструкции они выполнены на основе различных способов воздействия на обрабатываемую среду (почву).

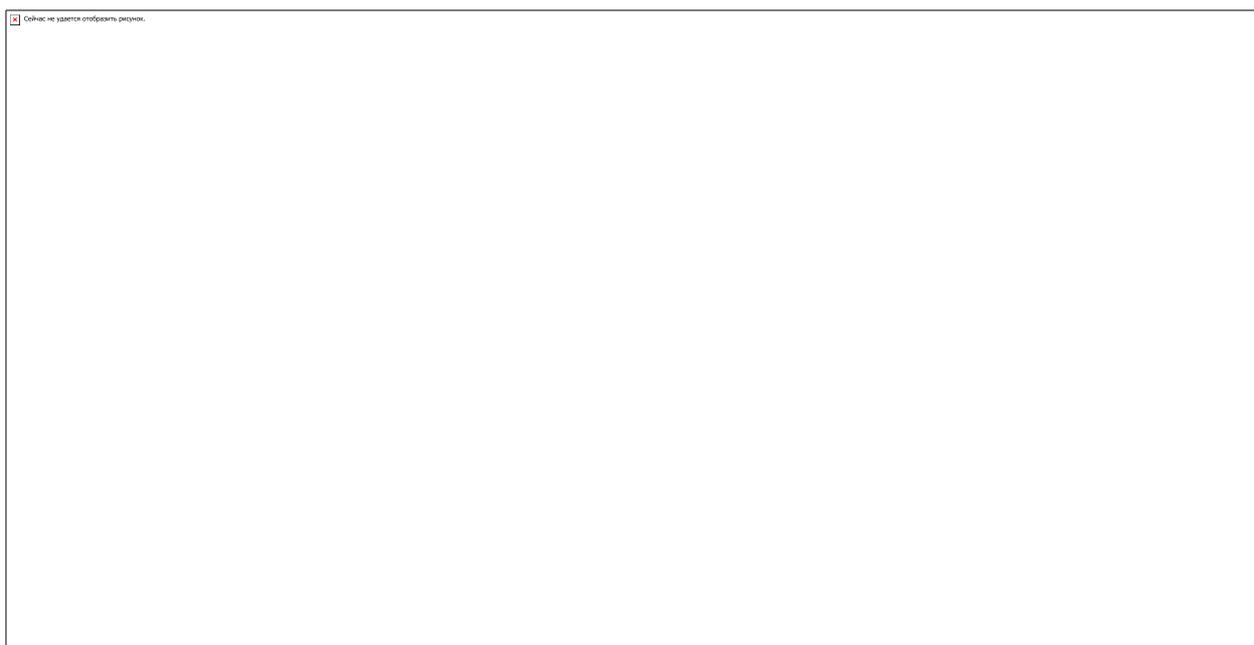


Рисунок 1.1 – Классификация сошников для посадки картофеля

При этом классификацию рабочих элементов сошниковой группы целесообразно рассмотреть по конструктивному типу, форме рабочей поверхности, режущей кромки и другим показателям.

Рыхлители, относящиеся к сошниковой группе, подразделяются на лаповые, чизельные, ротационные и комбинированные. Последующие бороздообразователи выполняются в виде корпусов плуга, в форме рабочих

органов окучников, в виде лункообразователя и наральников, также сферических дисков. В свою очередь клубнепроводы бывают в форме прямого жёлоба, в виде криволинейного жёлоба, трубчатые и в виде половины параболы. Присыпка клубней осуществляется через вырезные окна, при помощи загортачей, с использованием шлейфов и почвотранспортирующими дисками (тарелками).

Разработанная классификация является более укрупненной, включающая используемые классификации, не ограничивая возможности их изменения. Также может служить основанием как при изучении конструкций рабочих элементов сошниковой группы, так и при определении основных направлений в их развитии.

1.4 Состояние исследований в области посадки клубней картофеля

Система испытаний сельскохозяйственной техники в России имеет долгую историю. Она берёт начало в XVIII веке, когда была создана сеть опытных сельскохозяйственных учреждений по испытанию техники. На Венском конгрессе в 1907 г. были приняты «Международные нормы испытания сельскохозяйственных машин и орудий».

В 1909 г. было создано Бюро по сельскохозяйственной механике при Министерстве сельского и лесного хозяйства России, которое разработало общие агрономические требования к сельскохозяйственной технике, и сформирована сеть государственных машиноиспытательных станций для проверки машин на соответствие этим требованиям. Станции проводили испытания машин как отечественных, так и выпущенных в Европе, Канаде и США. Финансирование работ по испытанию сельскохозяйственной техники изначально осуществлялось государством.

В послевоенный период восстановления сельского хозяйства, в 1948 году было принято постановление об организации при Министерстве сельского хозяйства СССР сети государственных зональных машиноиспытательных станций.

Современная система испытаний сельскохозяйственной техники и технологий Министерства сельского хозяйства Российской Федерации состоит

из 13 независимых федеральных государственных учреждений «Государственные зональные машиноиспытательные станции» (далее МИС).

В силу многообразия природно-климатических и производственно-экономических условий ведения сельскохозяйственного производства в

России станции расположены таким образом, что закрывают все зоны активного возделывания сельскохозяйственных культур и ведения животноводства. Деятельность каждой МИС охватывает территориальные зоны, включающие в себя от 5 до 10 областей [128].

Северо-Западной государственной зональной машиноиспытательной станцией были проведены испытания картофелесажалок с ложечно-элеваторным высаживающим аппаратом фирм Grimme и Hassia.

Результаты испытаний картофелесажалки Grimme GL 34 Z.

Назначение: предназначена для посадки непророщенного, откалиброванного картофеля. Картофелесажалка комплектуется дополнительным оборудованием для внесения минеральных удобрений и протравливания посадочного материала. Производит посадку картофеля по ровной поверхности с междурядьем 75 см.

Качество работы: при посадке некалиброванного по фракциям картофеля при влажности почвы 18,9-26,3% (неравномерность распределения клубней в рядке 29,4%), количество пропусков 28,5%, количество двойников 11,6%. Площадь обработанной поверхности клубня при протравливании составила 64%.

Эксплуатационные показатели: производительность картофелесажалки за 1 час основного времени при скорости движения агрегата 5,9 км/ч при плотности посадки 73,4 тыс.шт./га составила 1,76 га, за 1 час сменного времени 1,06 га. Удельный расход топлива 3,48 кг/га [105].

Результаты испытаний картофелесажалки HASSIA SL 4 BZS (четырёхрядной).

Назначение: предназначена для посадки непророщенного картофеля с заданным шагом на заданную глубину. Картофелесажалка по заказу потребителя может комплектоваться дополнительным оборудованием для внесения

минеральных гранулированных удобрений и протравливания посадочного материала, а также комплектом дисковых сошников.

Качество работы: картофелесажалка обеспечивает установленный шаг посадки 16,5 см (фактически 17,4 см) и установленную плотность посадки 80,0 тыс.шт./га (фактически 76,6 тыс.шт./га), при этом равномерность распределения клубней в рядке составила 22,2%, количество пропусков - 15,2%, количество двойников - 27,3%, что обусловлено посадкой некалиброванных по фракциям клубней картофеля со средней массой клубня 75,8 г и длиной ростков 4,6 см. Глубина заделки клубней составила 7,9 см со среднеквадратическим отклонением глубины заделки клубней ± 2 см (по ТУ - 4,0-18,0 см), почвенная прослойка между клубнями - 2,9 см, неравномерность внесения удобрений - 5,0%.

Эксплуатационные показатели: производительность картофелесажалки при рабочей скорости 7,44 км/ч за час составила: основного времени - 2,23 га, сменного времени - 0,72 га. Снижение сменной производительности и коэффициента использования сменного времени до 0,32 (по СТО АИСТ - не менее 0,5) обусловлено затратами времени на ручную загрузку из мешков технологического материала и холостые переезды. Удельный расход топлива - 4,59 кг/га. Для повышения эксплуатационно-технологических показателей необходимо механизировать загрузку картофелесажалки технологическим материалом и снизить продолжительность холостых переездов [103].

Владимирской государственной зональной машиноиспытательной станцией были проведены испытания картофелесажалок с ложечно-элеваторным высаживающим аппаратом марок М1еёеша (ЗАО «Колнаг») и Л-207 (ОАО «Лидсельмаш»)

Результаты испытаний картофелесажалки М1ес1ета СР 42Р.

Назначение: четырехрядная полуприцепная автоматическая картофелесажалка элеваторного типа с гидравлически поднимающимся бункером предназначена для посадки непророщенного картофеля с заданным (регулируемым) шагом на регулируемую глубину в предварительно подготовленную почву.

Картофелесажалка может применяться во всех почвенно-климатических зонах, где возделывается картофель, на участках с уклоном до 8 градусов, не рекомендуется применять на почвах, засоренных камнями размером более 150 мм.

Картофелесажалка агрегируется с тракторами тягового класса не ниже 14 кН (типа МТЗ-82), мощностью не менее 70 л. с.

Картофелесажалка может выпускаться в двух вариантах: для посадки картофеля с междурядьями 75 и 90 см.

Качество работы. Условия проведения испытаний соответствовали предъявляемым требованиям. Скорость движения агрегата составляла 1,75 м/с (5,6 км/ч). Ширина междурядий 75 см. В результате испытаний получены следующие показатели качества:

- среднее расстояние между клубнями при заданном шаге посадки 25,0 составило 27,4 см, коэффициент сохранения шага посадки - 0,91 (норматив отсутствует);

- равномерность распределения клубней - 79,2%, что соответствует требованиям сельскохозяйственного производства (не менее 60%);

- количественная доля пропусков - 2,08%), двойников - 2,08%, что находится на границе требований (по требованиям сельскохозяйственного производства: пропуски - 2%, двойники - 2%);

- глубина заделки - 12,1 см (по ТУ 4,0-18 см).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что картофелесажалка Miedema CP 42P выполняет технологический процесс с показателями качества, отвечающими ТУ сельскохозяйственного производства.

Эксплуатационные показатели: эксплуатационно-технологическая оценка проведена при скорости движения 5,6 км/ч (ТУ - max 9 км/ч). Производительность за час основного времени составила 1,67 га/ч (по ТУ - до 2,7 га/ч), сменного времени 1,12 га/ч. Удельный расход топлива за сменное время 8,59 кг/га [102].

Результаты испытаний картофелесажалки Л-207 (четырёхрядной).

Назначение: предназначена для рядковой посадки непророщенных клубней картофеля с междурядьями 70, 75 и 90 см с одновременным внесением минеральных удобрений на почвах всех типов во всех зонах возделывания картофеля.

Качество работы: картофелесажалка полунавесная четырехрядная Л-207 качественно выполняет технологический процесс на основной фракции клубней (50-80 г), на скорости движения агрегата около 6 км/ч, за исключением неравномерности внесения минеральных удобрений туковысевающими аппаратами.

Картофелесажалка вписывается в технологию и комплекс машин для производства картофеля и по основным показателям назначения соответствует отечественным требованиям.

Эксплуатационные показатели: агротехнические показатели картофелесажалки определены на картофеле сорта «скраб» при посадке клубней основной фракции 50-80 г при оптимальной скорости 5-6 км/ч. Производительность составила 1,53 га/ч основного времени; расход топлива трактором МТЗ-82 - 3,05-4,87 кг/га. Производительность за 1 ч сменного времени составила 0,79 га [104].

Среди исследователей, занимавшихся изучением картофелепосадочных машин, следует отметить таких видных ученых, как И. И. Ахмедов, В. Г. Бергер, Н. Ф. Большаков, В. М. Годухин, Н. П. Ларюшин, О. Н. Кухарев, П. Н. Хорев, А. И. Вольников, С. А. Герасимов, Е. А. Глухих, С. К. Головицин, И. П. Гудзенко, К. И. Дебу, В. П. Горячкин, Д. М. Дугричилов, В. Т. Дудников, О. И. Дятлова, Н. В. Захаров, Н. П. Зволинский, Ю. И. Зиновьев, А. М. Иванов, Т. А. Карабаев, А. А. Кашинцев, Э. А. Келлер, Е. И. Кистанов, В. М. Кузнецов, М. И. Кан, С. С. Липецкий, В. И. Лосев, В. А. Мельников, П. Н. Настенко, Н. М. Постников, К. А. Пшеченков, К. А. Рагозин, А. Н. Репетов, Д. З. Селезнев, В. Ф. Синяков, В. И. Смирнов, А. Г. Телешев, З. С. Торбеев, М.Б. Угланов, Н. В. Фирсов, С. С. Шаврин, А. Ф. Чиркунов и многие другие.

Большой вклад в развитие технологий возделывания картофеля внесли многие ученые. Среди них Б.В. Анисимов, Н.И. Верещагин, Е.А. Глухих, О.Н.

Давыденкова, Н.Н. Колчин, А.Н. Орлов, К.А. Пшеченков, С.С. Туболев, А.Г. Лорх, Б.А. Писарев, Д.Н. Пряничников и другие.

Исследование рабочего процесса посадочного барабана картофелесажалки КС проведено П. В. Цехановичем [129], С. С. Саакян рассмотрел некоторые элементы теории и способы улучшения качества работы картофелесажалки КСУ [110]. В трудах З.С. Торбеева [126] рассматриваются вопросы влияния размеров клубней и поступательной скорости на рабочий процесс посадочного аппарата картофелесажалки КС-2. Исследованием работы картофелесажалки СКН-2 занимался П.И. Доморацкий [23]. В.М. Годухин изучал влияние скоростного режима работы картофелесажалок СН-4, СН-4Б на зону рассеивания клубней картофеля и частоту подачи клубней [14]. А.И. Вольников исследовал интенсивность поступления клубней к ложечкам в разных зонах питательного ковша [6], влияние на пропуски и двойные захваты клубней ложечками в зависимости от: числа оборотов вычерпывающего аппарата; формы и размеров клубней [7]. Н.М. Постников занимался изучением рабочего процесса вычерпывающих и выбрасывающих аппаратов картофелесажалки СКГ-4, определением оптимальной скорости движения навесного посадочного агрегата, выбором кинематики вычерпывающего аппарата, проблемой повышения равномерности распределения клубней в гнездах картофелесажалкой СН-4Б, а также вопросами динамики исполнительных механизмов картофелепосадочных машин [90, 96, 95, 98]. С.С. Шаврин изучал рабочий процесс навесной картофелесажалки СН-4Б и, в частности, факторы, влияющие на пропуски и повреждения клубней, а также на равномерность распределения клубней в гнездах при квадратно-гнездовой посадке [132, 133, 134, 135]. К.Н. Полевицкий и Д. З. Селезнев исследовали процесс движения клубней из бункера картофелесажалки СКГ-4 [86]. В своей работе Д.З. Селезнев делает попытку ограничить предельные обороты диска вычерпывающего аппарата, исходя из физико-механических свойств клубней. Н.В. Захаров исследовал работу картофелесажалки СН-4Б с целью определения влияния основных факторов на условия захвата клубней ложечками, на пропуски и повреждения, возможности

работы вычерпывающих аппаратов при посадке картофеля резаными клубнями, путей совершенствования основных узлов вычерпывающих аппаратов, обеспечивающих качество работы на повышенных скоростях [32]. К.А. Рогозин исследовал надежность некоторых деталей и узлов вычерпывающего аппарата картофелесажалки СН-4Б [108]. З.А. Келлер исследовал крутильные колебания вычерпывающего аппарата, механизма привода роторов и определял влияние динамической точности работы этих систем на точность раскладки клубней в рядках картофелесажалкой СН-4Б [51, 52]. А.Ф. Чиркунов занимался исследованием высаживающих аппаратов и рабочего процесса картофелесажалки СКН-2 и СКГ-4. Особое внимание в его исследованиях уделено вопросам отката клубней от места их падения на дно борозды, влиянию разности размеров клубней и высоты падения клубней на равномерность их раскладки в борозде [131]. В своих работах М.И. Кан рассматривал вопросы обоснования и расчета кинематических параметров и рациональной формы привода рабочих органов картофелесажалок и др. [38, 41]. Е.И. Кистанов исследовал рабочий процесс картофелесажалки ложечно-дискового типа [55]. С.К. Головицин занимался исследованием физико-механических свойств яровизированных клубней, обоснованием кинематических параметров и определением оптимальных условий питания клубнями высаживающих аппаратов, расчетом отражающей поверхности для улучшения равномерности раскладки клубней автоматической картофелесажалкой САЯ-4 для посадки яровизированного картофеля [16].

Изучалось и исследовалось влияние на равномерность распределения клубней в рядках: поступательной скорости движения агрегата [11, 32, 43, 65, 70, 90, 94, 97, 106, 114, 131]; числа оборотов диска вычерпывающего аппарата [31, 43, 70, 94, 97, 106]; неравномерности вращения вычерпывающих дисков и динамики привода рабочих органов [51,52, 88, 89]; профиля и плотности дна борозды [21, 22, 43, 68, 69, 131]; формы и размеров клубней [11, 21, 27, 30, 43, 57, 68, 90, 113, 114, 115, 125, 131, 133]; геометрических параметров шин [31, 37, 39, 96, 94, 91, 93, 136]; геометрических параметров рычагов зажимов клубней в ложечках [30, 31, 40, 92, 96, 91, 93, 125, 133]; диаметра диска и количества

ложечек [94, 99]; направления вращения диска относительно движения машины [34, 37, 94, 96, 97, 99, 106, 137]; отражательных щитков [16, 30, 34]; типа сошника [11, 43]; типа привода [39, 68, 69]; надежности работы зажимов клубней в ложечках [11]; пропусков и двойных захватов клубней ложечками [10, 11, 21, 27, 131]; буксования движителей трактора [68, 69]; скольжения приводных колес сажалки [11, 31, 53, 90, 131]; высоты падения клубней [11, 21, 27, 34, 106, 125, 131, 137]; рельефа поля [11, 24]; взаиморасположения сошников и вычерпывающих аппаратов [11, 64] и других факторов. Исследования малогабаритной картофелесажалки с цепочно-ложечным высаживающим аппаратом ведутся в настоящее время в Пензенской ГСХА профессорами Н.П. Ларюшиным, О.Н. Кухаревым и другими [65].

Большинство исследований относятся к ложечно-дисковым высаживающим аппаратам. Однако в настоящее время на картофелепосадочных машинах применяются ложечно-элеваторные высаживающие аппараты (фирмы Krammer, Grimme, «Лидсельмаш» и др.).

Проводившиеся исследования осуществлялись в основном для скоростей посадки 1,4-1,9 м/с, тогда как перспективной системой машин предусматривается создание картофелесажалок, обеспечивающих одновременное выполнение нескольких операций.

1.5 Обоснование темы и задачи исследования

Проведенный анализ сошников картофелесажалок показывает, что наиболее перспективными с точки зрения выполнения агротребований, а также по металлоемкости и конструктивной компоновке, являются комбинированные рабочие органы, одновременно совмещающих несколько операций, что способствует повышению их производительности при меньших энергетических и трудовых затратах.

Многими известными авторами в своих работах подчеркиваются необходимость разработки материалов по обоснованию и созданию новых форм рабочих органов, в частности, их поверхностей и режущих кромок.

Известен комбинированный сошник для посадки клубней картофеля с одновременным внесением удобрений [1], который включает корпус, два

плоских диска, тукоподводящие трубки, а также почвоуглубитель, смонтированный между дисками за тукопроводящими трубками.

Также известен комбинированный сошник картофелесажалки [2], который содержит последовательно расположенные на раме долотообразную лапу, два сферических диска, установленные с внешней стороны для образования борозды под удобрения и клиновидные ротационные почвоуглубители с механизмом регулирования их положения по высоте.

Недостатками вышеуказанных технических решений являются наличие пассивных бороздораскрывающего корпуса, долотообразной лапы и почвоуглубителя, что увеличивает тяговое сопротивление, соответственно энергоемкость данного процесса.

Известен комбинированный сошник для посадки клубней картофеля с одновременным внесением удобрений [3], который состоит из корпуса коробчатого типа с вырезами на щеках для попадания внутрь сошника почвы для засыпки удобрений, тукопровода, клубнепровода и съемных отвалов с возможностью их регулирования по высоте.

Недостатками данного изобретения является то, что сам пассивный корпус и забивание в местах крепления съемных отвалов почвой и растительными остатками в совокупности приводят к повышению тягового сопротивления, а такие вырезы на щеках обладают недостаточной пропускной способностью, что приводит к снижению качества засыпки удобрений почвой.

Наиболее близким аналогом заявленного сошника является раскрытый в [4], сошник для посадки клубней картофеля, включающий стойку, пассивный корпус с окнами, клубненаправитель.

Недостатками известного решения являются то, что двухотвальный корпус прорезая бороздки на необработанном пласте почвы оставляет за собой комки, что приводит к забиванию окон уменьшая пропускную способность, тем самым снижает качество выполнения технологической операции засыпки клубней картофеля почвой. Также выполнение направляющей клубнепровода в верхней части крыльев не способствует точной посадке клубней картофеля.

Картофель является одной из немногих культур, имеющих разностороннее использование в народном хозяйстве. Он является незаменимым пищевым продуктом, кормом для животных и ценным сырьем перерабатывающей промышленности. Поэтому в настоящее время перед сельским хозяйством поставлена задача не только увеличения производства картофеля, но и улучшения его вкусовых, пищевых и кормовых свойств, а также повышения качества получаемого сырья.

Все операции технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур равнозначны, а факторы среды – невзаимозаменяемы. Поэтому несоблюдение одной из них создает неблагоприятные условия для последующих, что приводит к снижению урожая.

Существующие технологии возделывания картофеля включают очень много операций. В частности, способы подготовки картофеля к посадке и выполнение операций по их яровизации перед посадкой требуют больших затрат ручного труда, материальных средств и значительных капитальных вложений, что довольно резко повышает стоимость получаемой продукции. Поэтому в настоящее время указанные операции не находят широкого применения, и посадка картофеля производится, как правило, клубнями, взятыми непосредственно из зимних хранилищ. Как известно, при посадке клубней без их тепловоздушной обработки удлиняется довсходовый период развития, снижается полевая всхожесть, повышается поражаемость их болезнями и вредителями, сокращается вегетационный период развития картофеля.

В связи с этим профессором Гайнановым Х.С. разработана новая интенсивная технология выращивания картофеля [2]. Она предусматривает совмещение операций предпосадочной обработки клубней с посадкой их в почву механизированным способом. При этом тепловоздушная и лучевая обработка клубней происходит в открытой борозде одновременно со стадией яровизации. Для этого клубни картофеля размещаются на предварительно открытых бороздках или лунок, глубина которых равна принятой в хозяйстве

глубине их заделки и оставляются там открытыми или мульчируются рыхлым материалом. В районах с прохладным климатом, с целью некоторой защиты от воздействия холодного воздуха в ночное время, высаженные клубни укрываются сверху тонким слоем почвы, толщиной не более 1,0-2,0 см, что способствует интенсивному пропусканию тепла, инфракрасных лучей и воздуха к клубням. Как известно, в начальный период развития клубни нуждаются в тепле и кислороде воздуха, и почти не требуют влаги [1].

Открытая или частично прикрытая выдержка клубней в бороздках способствует значительному сокращению периода покоя и позволяет улучшить их посевные качества, интенсифицировать рост и развитие за счет лучшей тепловоздушной и радиационной обработки, получать более ранние и дружные всходы, особенно ранних сортов картофеля. Кроме того, такая тепловолучевая закалка клубней в борозде позволяет освободить их от различных болезнетворных микроорганизмов и получать более здоровое потомство.

Однако для полной реализации данной технологии, практически не существует рабочих органов, в частности, сошников совмещающих несколько операций, включая посадку. Также существующие рабочие органы (в основном пассивные) не в полной мере отвечают агротехническим требованиям [2].

При разработке комбинированных рабочих органов необходимо стремиться не к замене отдельных операций, а их совокупному выполнению на основе использования новых принципов воздействия на обрабатываемую почву, семена и удобрения в соответствии с агротехническими требованиями конкретной культуры. Вместе с тем, новый рабочий орган или прогрессивная технология должны создавать оптимальные условия для прорастания посадочного материала и интенсификации начальной фазы развития растений, надежно обеспечивать их влагой, теплом, воздухом и питательными веществами [3].

Учитывая вышеизложенные предпосылки создания новых рабочих органов и необходимость изыскания их рациональных параметров, была определена **цель настоящей работы** – улучшение процесса посадки клубней картофеля на основе совершенствования технологии и сошников (рабочих

органов) картофелесажалки с последующим обоснованием их конструктивных параметров и режимов работы.

В связи с этим, исходя из анализа известных конструкций сошников и результатов их исследований, перед настоящей работой были поставлены следующие **основные задачи**:

1. Разработать конструктивно-технологическую схему комбинированного сошника картофелесажалки.
2. Провести теоретический анализ рабочего процесса и научное обоснование конструктивных параметров сошника картофелесажалки.
3. Провести лабораторные исследования разработанного сошника для подтверждения достоверности результатов теоретических исследований.
4. Провести полевые исследования по качественным и энергетическим показателям работы с новым сошником и его влияние на формирование агротехнических показателей.
5. Определить технико-экономические показатели работы сошника и дать рекомендации производству.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ

2.1 Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа

Одними из перспективных рабочих органов для предпосевной обработки почвы, в частности для предпосадочной обработки поля (пашни) под картофель, до сих пор являются (остаются) дисковые.

Исследованиями ряда авторов установлено, что дисковые органы со сплошной режущей кромкой более энергоёмки, менее устойчивы по глубине хода и чувствительны к изменениям нагрузки. При этом, также установлены значительные преимущества зубчатой формы рабочих органов перед вышеуказанными. Однако не все зубчатые рабочие органы способны выполнять современные агротехнические требования из-за не правильного проектирования (разработки) их рациональных конструктивных параметров, а также неудачного выбора их формы [1, 2, 3, 4, 5].

По этому вопросу многочисленными исследованиями установлены, что рациональные параметры разрабатываемых рабочих органов могут быть определены только на основании изучения процесса его взаимодействия с почвой. При этом движение рабочего органа относительно принятой системы отсчета можно считать полностью определенным только тогда, когда известно движение каждой его точки в той же системе отсчета [6, 7, 8].

Однако, процесс (характер) движения режущей кромки лезвия или рабочей поверхности в пространстве таких ротационных органов, при взаимодействии их с обрабатываемой почвой, мало изучены (можно сказать, что остается аналитически не исследованным).

Поэтому рассмотрим дисковый рабочий орган с зубьями, режущая кромка (лезвие) которых выполнена по кривой логарифмической спирали, обеспечивающая скользящее резание почвы и растительных остатков в процессе движения, а тыльная кромка – по прямой линии, соединяющая носок каждого зуба с центром диска. Рыхлительные диски в комбинированном сошнике установлены под некоторым углом атаки (α), к направлению

движения и наклона (β) к вертикальной оси, которые значительно влияют на качественные показатели их работы [9, 10]. Для вывода уравнения движения любой точки режущей кромки (лезвия) зуба расположим дисковый рабочий орган в пространственной системе координат O_{XYZ} так, чтобы начало координат и полярная ось логарифмической спирали находилась в центре диска (рисунок 2.1).

В принятой системе координат передняя кромка зуба РМ описывается уравнением [11]:



$$.$$
 (2.1)

Пусть по истечении некоторого времени t картофелесажалка передвинулась со скоростью V_e на расстояние $V_e t$. За этот промежуток времени диск повернется на угол ωt , а точка M на передней кромке зуба переместится в положение M' . Тогда угол, определяющий его положение, будет равен $(\omega t - \gamma_i)$.

Рассмотрим движение точки M в плоскости xOy (рисунок 2.1) в случае, когда точка находится на оси Oy (угол $\gamma_i = 0$) и расположена от центра диска на расстоянии:



$$.$$
 (2.2)

Тогда на прямоугольном треугольнике ONM_1 , определим абсциссу и ординату точки M_1 :

$$x_{M_1} = NM_1 = O_0 M_1 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta = \rho_i \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta; \quad (2.3)$$

$$y_{M_1} = ON = OM_1 \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta = \rho_i \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta. \quad (2.4)$$

Как видно из рисунка после некоторого поворота диска на угол  точка M_1 переместится в положение M'_1 , тогда ее абсцисса определяется как:

$$x_{M'_1} = M'_1 B - CB = M'_1 C. \quad (2.5)$$

Рассматривая прямоугольные треугольники $M'_1 BK$ и $M'_1 KO_0$ определим:

$$M'_1 = M'_1 K \cdot \cos \alpha = \rho_i \cdot \cos \alpha \cdot \sin \omega t. \quad (2.6)$$

А отрезок

$$CB = NM_1 - EM_1. \quad (2.7)$$

На прямоугольных треугольниках KEM_1 и M'_1KO_0 с учетом угла наклона находим:

$$EM_1 = KM_1 \cdot \sin\alpha = (O_0M_1 - O_0K) \cdot \sin\alpha, \quad (2.8)$$

где

$$O_0K = O_0M'_1 \cdot \cos\omega t = \rho_i \cdot \sin\beta \cdot \cos\omega t.$$

или после подстановки соответствующих значений

$$EM_1 = \rho_i \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot (1 - \cos\omega t). \quad (2.9)$$

А из треугольника O_0NM_1 находим:

$$NM_1 = O_0M_1 \cdot \sin\alpha = \rho_i \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta. \quad (2.10)$$

Подставив значения (2.9) и (2.10) в уравнение (2.7) и после сокращения получим:

$$CB = \rho_i \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \cos\omega t. \quad (2.11)$$

Тогда абсцисса точки M'_1 с учетом пути, пройденного агрегатом за время t , определяется после подстановки значений (2.6) и (2.11) в уравнение (2.5) как:

$$x_{M'_1} = V_e t + \rho_i (\sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \cos\omega t - \cos\alpha \cdot \sin\omega t). \quad (2.12)$$

Ордината точки M'_1 складывается как:

$$y_{M'_1} = y_{M_1} + BE = ON + BE,$$

или

$$y_{M'_1} = ON + (KB - KE) \quad (2.13)$$

Рассматривая треугольники M'_1BK и KEM_1 , находим:

$$KB = M'_1 \cdot \sin\alpha = \rho_i \cdot \sin\alpha \cdot \sin\omega t, \quad (2.14)$$

$$KE = KM_1 \cdot \cos\alpha = \rho_i \cdot \cos\alpha \cdot \sin\beta (1 - \cos\omega t) \quad (2.15)$$

После подстановки значения (2.4), (2.14) и (2.15) в уравнение (2.13) и и сокращения получим значение ординаты точки M'_1

$$y_{M'_1} = \rho_i (\sin\alpha \cdot \sin\omega t + \cos\alpha \cdot \sin\beta \cdot \cos\omega t) \quad (2.16)$$

На рисунке 2.1, рассматривая прямоугольные треугольники O_0LA и $O_0M'_1A$, получим значение аппликаты:

$$z_{M'_1} = -O_0L = -O_0A \cdot \cos\beta = -M'_1O_0 \cdot \cos\omega t \cdot \cos\beta$$

или

$$z_{M1} = -\rho_i \cos\beta \cdot \cos\omega t \quad (2.17)$$

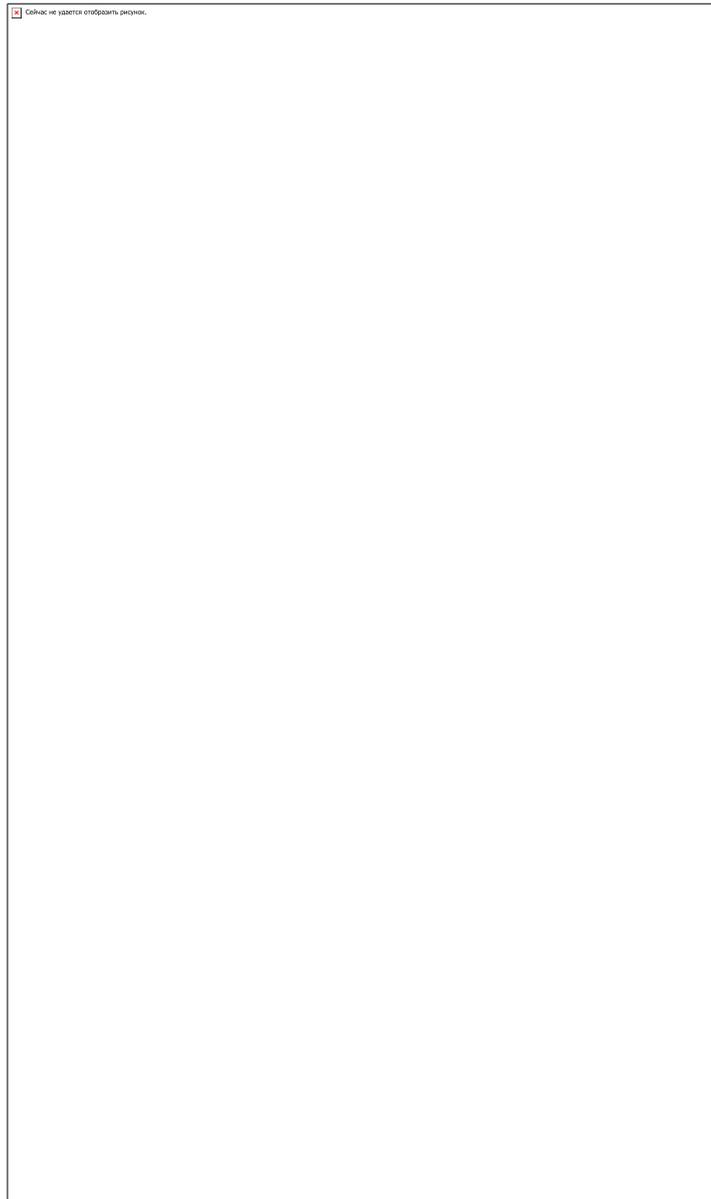


Рисунок 2.1 – Расчетная схема для вывода уравнения движения

Полученные уравнения (2.12), (2.16) и (2.17) справедливы для случая, когда точка лежит на начале лезвия, то есть при $\gamma = 0$.

А произвольная точка кромки лезвия в любой момент времени будет

находиться от центра диска на расстоянии  и характеризуется углом поворота . Тогда, после подстановки этих значений в выражения (2.12), (2.16) и (2.17) получим уравнения движения любой точки режущей кромки зуба дискового органа:



(2.18)

Учитывая вышеизложенное, обоснованы и получены уравнения движения для произвольной точки М режущей кромки (лезвия) зуба плоского дискового рабочего органа, которые позволяют построить траекторию движения зуба в пространстве, определить скорости и ускорения точек лезвия в произвольный момент времени.

2.2 Теоретическое исследование воздействия зубчатого дискового рабочего органа картофелесажалки на почву

Дисковые рабочие органы со сплошной режущей кромкой более энергоемки, менее устойчивы по глубине хода и чувствительны к изменениям нагрузки. Исследованиями ряда авторов установлены значительные преимущества зубчатой формы рабочих органов. Так, В.И. Горячкин в своих исследованиях показал, что сопротивление резанию почв и других сельскохозяйственных материалов незначительно в случае, когда резание производится со скольжением. Поэтому зубчатое лезвие дисковых рабочих элементов сошника картофелесажалки следует выполнять по такой кривой, чтобы его форма обеспечивала резание почвы и растительных остатков со скольжением в процессе работы. Этому требованию удовлетворяет кривая логарифмической спирали, которая характеризуется постоянством угла встречи с частицами материала.

Исследованием воздействия ротационных рабочих органов на почву, в частности дисковых органов, занимались многие авторы. При этом они рассматривали форму, конструктивные параметры и основные элементы вышеуказанных рабочих органов [1, 5, 6, 9, 13].

Также известно, что интенсивное взаимодействие зубчатых ротационных органов с почвой зависит от ряда конструктивных и технологических параметров: скорости их движения, которая способствует повышению

рыхления (крошения) почвы и уничтожения сорняков; формы режущей кромки и их элементов, а также углов атаки и наклона к вертикальной оси, значительно влияющих на качественные показатели работы [3, 8, 10, 12].

Исследуемый зубчатый дисковый рабочий орган, являющийся составляющим комбинированного сошника для посадки картофеля, предназначен для предпосадочной обработки почвы. При этом зубья дискового рабочего органа совершают сложные движения в пространстве, лезвие которых выполнено по участку логарифмической спирали, следовательно, их точки по всей длине будут иметь различную скорость.

Учитывая вышеуказанное, рассмотрим исследуемый плоский дисковый рабочий орган, выполненный с зубьями, лезвие которых выполнено по участку логарифмической спирали, а тыльная кромка – по прямой линии, соединяющая носок каждого зуба с центром диска (рисунок 2.2). Следует отметить, что основные конструктивные параметры и форма рабочих элементов были обоснованы и определены в следующих трудах [10 и других].

По многим работам известно, что для обеспечения резания почвы со скольжением и скалыванием, лезвие зубьев ротационных рабочих органов должны быть выполнены по специальной кривой. При этом лезвия зубьев должны способствовать деформации почвы с наименьшим усилием и без уплотнения дна борозды, а также способствовать уменьшению отброса почвы [4, 9].

В связи с этим, принимая во внимание вышеизложенное, учитывая условие резания со скольжением и результаты исследования ряда авторов [4], форма лезвия каждого зуба исследуемого дискового рабочего органа выполнена по участку логарифмической спирали, которую легко можно построить по известной методике [1, 7].

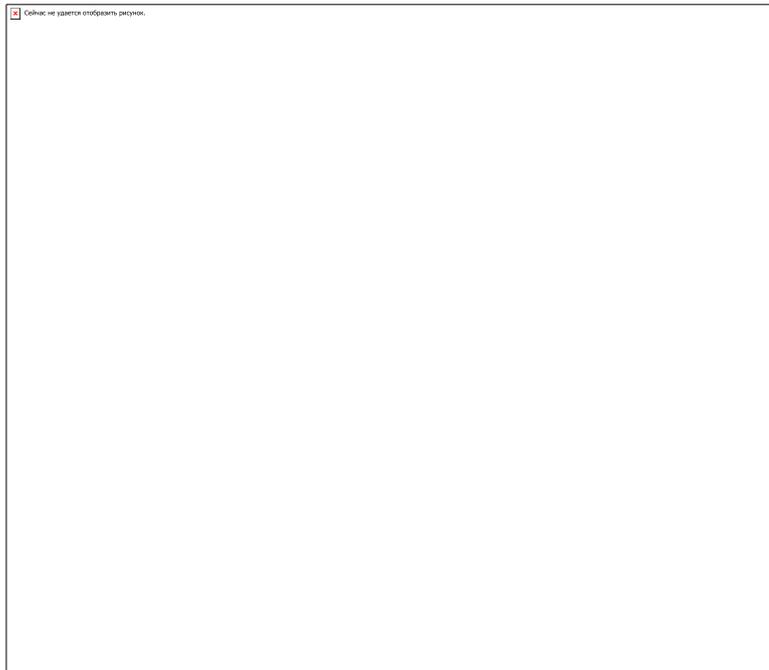


Рисунок 2.2 – Зубчатый дисковый рабочий орган в пространстве

Исследуя процесс воздействия лезвия зуба дискового рабочего органа на почву, можно воспользоваться аналитическими выражениями, позволяющими оценить его произвольную точку M при движении в пространстве [2, 11, 14]. При этом, как известно из теоретической механики, результирующая сила точки M определяется по формуле:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \quad (2.19)$$

Отсюда, скорость резания любой точки лезвия зуба v можно рассчитать по выражению:

$$v = \omega \times r \quad (2.20)$$

Для определения величины r используются уравнения точек лезвия зубчатого дискового рабочего органа:

$$x = R_0 \cos(\alpha - \omega t) - v t \sin(\alpha - \omega t) \quad (2.21)$$

где α - текущий полярный угол радиус-вектора, град; v - поступательная скорость агрегата, м/с; t - время, сек; R_0 - начальный радиус-вектор, мм; ω -

коэффициент трения; α - основание натурального логарифма; β - угол атаки, град; γ - угол наклона к вертикальной оси, град.

Тогда при условии \dots , после дифференцирования уравнений (2.21) получим:

$$\dots \quad (2.22)$$

Затем, после преобразований формулы (2.22), получим выражение для определения скорости резания любой точки лезвия зуба дискового рабочего органа:

$$\dots \quad (2.23)$$

где \dots .

Исходя из вышеизложенного, полное ускорение рассматриваемой точки M определяется по формуле:

$$\dots \quad (2.24)$$

где \dots , \dots и \dots - соответственно ускорение точки M по осям координат:

$$\dots \quad (2.25)$$

После дифференцирования уравнения (2.23) можно получить касательное ускорение лезвия зуба дискового рабочего органа:

$$\dots \quad (2.26)$$

При этом нормальное ускорение произвольной точки M лезвия зуба дискового рабочего органа определяется из выражения:

$$\dots \quad (2.27)$$

Как показывают полученные зависимости, скорость воздействия и траектория движения лезвия зуба дискового рабочего органа зависят от формы режущей кромки, углов атаки, наклона к вертикальной оси и скорости движения картофелесажалки. Это подтверждается графиками, которые построены в результате полученных зависимостей (рисунок 2.3). Графики зависимости  построены с учетом того, что в исходный момент вся длина лезвия зуба находится в почве через вертикальную ось. При этом , а отношение окружной и поступательной скоростей принимаем близкой к единице.

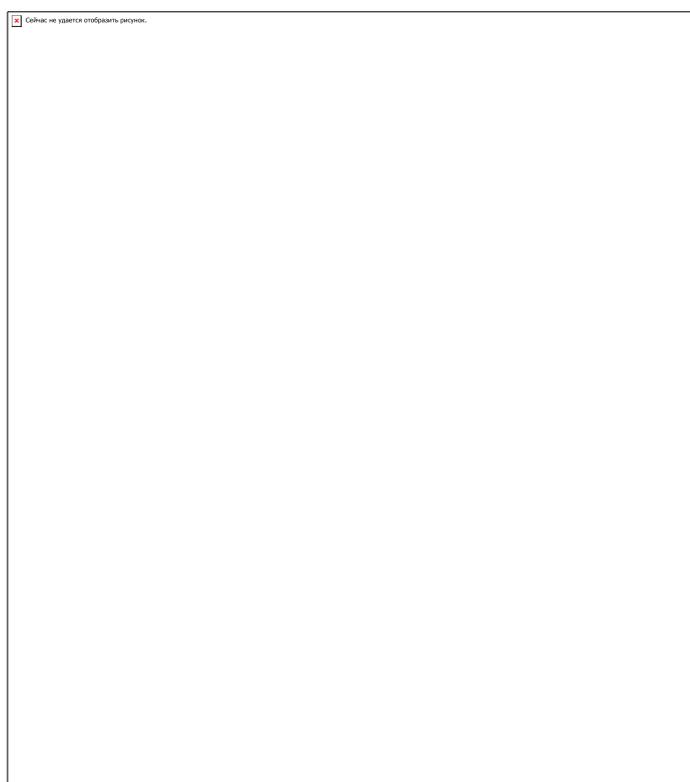


Рисунок 2.3 – Изменение скорости резания лезвием зуба дискового рабочего органа в зависимости от угла атаки (а) и скорости движения (б)

Кроме того, из рисунка 2.3 видно, что скорости резания в начальной, средней и конечной точках лезвия в зоне воздействия ее с почвой имеют различные значения. Отсюда следует, что при входе лезвия в почву и выходе из нее величина отбрасывания почвы по высоте зуба будет разной. Причем скорости начальной и средней точек лезвия зуба изменяются по кривой в зависимости от угла атаки, а скорость конечной точки увеличивается пропорционально углу атаки. При повышении скорости движения

картофелесажалки скорости всех точек по всей длине лезвия увеличиваются по линейной зависимости.

Таким образом, полученные зависимости показывают, что скорость воздействия и траектория движения лезвия зуба дискового рабочего органа зависят от формы режущей кромки, а скорость движения картофелесажалки, углы атаки и наклона к вертикальной оси и физико-механические свойства почвы являются его определяющими параметрами. В результате, при воздействии зубчатых ротационных рабочих органов на почву можно сделать вывод о том, что вынос её нижних влажных слоев на поверхность уменьшается и снижается отбрасывание верхних слоев в стороны, что способствует повышению качества обработки почвы и снижения энергоемкости данного процесса в целом.

2.3 Обоснование и определение конструктивных параметров дисковых рабочих органов

В силу того, что дисковые рабочие органы (особенно вырезные) меньше подвержены забиванию почвой, сорняками и другими материалами обладают меньшим тяговым сопротивлением и энергоемкостью, чем пассивные рабочие органы, их широко применяют в современных почвообрабатывающих, посевных, посадочных и других сельскохозяйственных машинах [7, 8,9 ,11].

Однако, как показывают исследования, во многих работах при проектировании дисковых рабочих органов не в полной мере учитываются их назначение, физико-механические свойства материалов (почвы, семян или др.), необходимые агротехнические условия (требования) по выполнению той или иной операции технологических процессов, вследствие чего на их проектирование устанавливаются совершенно ошибочные исходные данные, что приводит к отрицательному результату.

Известно, что от конструктивных параметров рабочих органов, в частности дисковых органов, зависят их технологические и энергетические показатели. Важнейшими из них являются диаметр, форма рабочей поверхности и режущей кромки, в том числе геометрические размеры её зубьев, которые в зависимости их назначения определяются по-разному [1, 2, 4, 6, 10].

Наш исследуемый двухдисковый рабочий орган является составляющим комбинированного сошника для посадки картофеля и предназначен для предпосадочной обработки почвы. При этом режущая кромка каждого плоского диска снабжена зубьями, передняя кромка (лезвие) которых выполнена по участку логарифмической спирали, а тыльная кромка – по прямой линии, соединяющая носок зуба с центром диска. Так как диски в комбинированном сошнике расположены симметрично относительно его продольной оси, поэтому в дальнейшем рассмотрим только один диск в прямоугольной системе координат .

Исходными данными для определения вышеуказанных параметров являются: 1) глубина обработки почвы ; 2) углы трения почвы по стали  и внутреннего трения почвы ; 3) углы атаки  к направлению движения и наклона  к вертикальной оси; 4)  и  - текущий и начальный радиус-векторы; 5)  - текущий полярный угол, определяющий логарифмическую часть профиля передней кромки (лезвия) зуба.

Одним из основных конструктивных параметров дисковых рабочих органов является их диаметр.

Обзор литературных источников по выбору диаметра дисков показывает противоречивые данные [7, 11, 12]. При этом следует отметить, что увеличение диаметра дискового органа приводит к увеличению дальности отбрасывания почвы в боковом направлении, что оказывает отрицательное воздействие на качество его работы. Также известно, что, исходя из измерения углов резания, выгодно иметь большой диаметр (до 0,40м) рабочего органа. Вместе с тем, если исходить из величины бокового смещения почвы рабочим органом, выгодно иметь меньший диаметр (не менее 0,340м), что способствует уменьшению его энергоемкости.

Кроме того, обоснование диаметра зубчатых дисков и их установку в комбинированном рабочем органе необходимо увязать с учетом агротехнических требований и исходить из условий их работы в почве совместно с сошником для посадки клубней картофеля.

Также Г.Н. Синеоковым подтверждается, что диаметр диска в зависимости от условий работы следует выбирать наименьшим из допустимых значений, так как с увеличением диаметра диска резко возрастает нагрузка, необходимая для заглубления дисков в почву. Диаметр диска в известной мере зависит от заданной глубины обработки почвы α , так как α и β связаны между собой эмпирической зависимостью [7]:

$$\alpha = \beta \cdot \sqrt{D}, \quad (2.28)$$

где β - коэффициент, зависящий от тяжести условий работы, рельефа поля, габаритных размеров фланца диска, подшипников и др. (для плугов β , лущильников β , борон β).

Диаметр дискового ножа плуга определяется по выражению:

$$D = \frac{100 + \alpha}{\beta}, \quad (2.29)$$

где α - запас на микрорельеф почвы, равный 10...20мм; β - диаметр фланца диска, равный 100мм.

Учитывая вышеизложенные предпосылки, рассмотрим плоский дисковый рабочий орган в прямоугольной системе координат $OxOy$ без учета его углов атаки α и наклона к вертикальной оси β . При этом пользуясь схемой (рисунок 2.4), диаметр предлагаемого зубчатого дискового рабочего органа можно выразить как:

$$D = 2 \cdot \sqrt{R^2 + h^2}, \quad (2.30)$$

где R - начальный радиус-вектор [3,5]; h - глубина вырезов [3,5];

e - основание натурального логарифма.

Далее зная и подставляя свои значения величин α и β в формулу (2.30) находим:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\left(\frac{100 + \alpha}{\beta}\right)^2 + h^2}. \quad (2.31)$$

Тогда после несложного преобразования формулы (2.31) можно получить окончательное выражение для определения диаметра зубчатого дискового рабочего органа в виде:



(2.32)

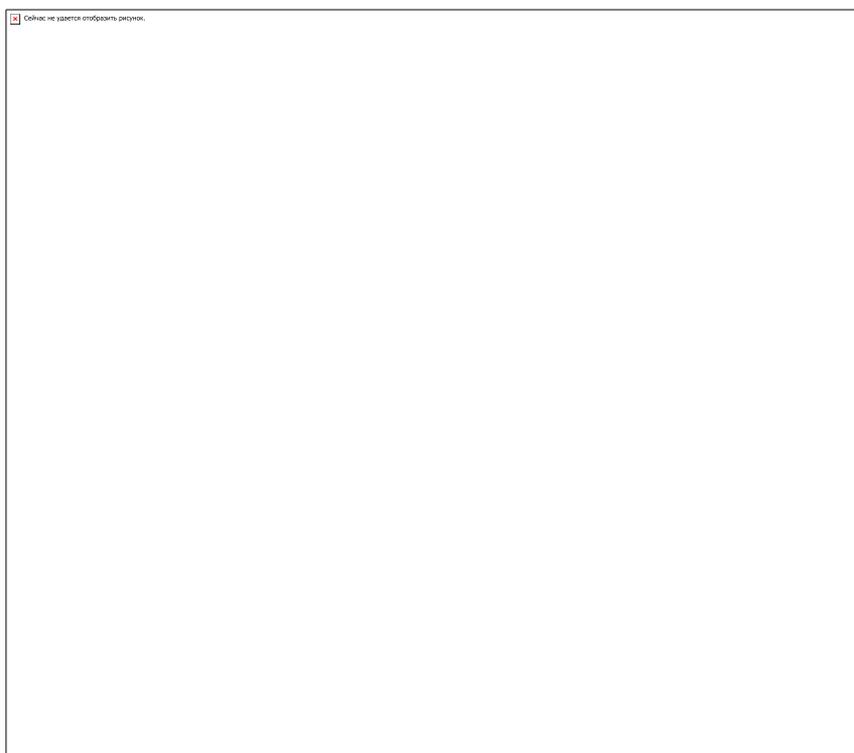


Рисунок 2.4 – Схема к определению диаметра плоского дискового рабочего органа

Как известно, правильный выбор углов атаки α и наклона к вертикальной оси β в основном влияет на качественные и технологические показатели, поэтому их важно учесть при конструктивном оформлении рабочего органа. Кроме того, рядом авторов установлено, что для обработки почвы дисковые рабочие органы рациональнее устанавливать под углом атаки 16° и углом наклона от 0 до 5° .

Поэтому рассмотрим дисковый рабочий орган, установленный под углами атаки и наклона, обрабатывающий почву на глубину h идвигающийся поступательно со скоростью v . Максимальную высоту встречи (возмущения) обрабатываемого материала (почвы, сорняков) характеризуем величиной, определяемой углом γ , зависящей от углов атаки, наклона, глубины хода

рабочего органа и скорости его движения. Предельное верхнее положение возмущенной почвы (точку α) принимаем исходя из условия обеспечения надежного протекания технологического процесса:

$$\dots, \quad (2.33)$$

где α - угол встречи с частицами обрабатываемого материала, зависящий от угла внутреннего трения почвы φ , град.

Учитывая вышеуказанное и пользуясь схемой (рисунок 2.4), диаметр предлагаемого зубчатого дискового рабочего органа можно выразить как:

$$\dots, \quad (2.34)$$

где d - диаметр фланца подшипника диска.

Из прямоугольных треугольников ADE и DKC определим:

$$\dots, \quad (2.35)$$

Из подобия прямоугольных треугольников ADB и ADC запишем:

$$\dots$$

Определим хорду AD с учетом угла атаки диска:

$$\dots$$

выражая их через параметры запишем:

$$\dots, \quad (2.36)$$

Подставив значения (8) и (9) в уравнение (7), получим:

$$\dots, \quad (2.37)$$

Возведем обе части уравнения (2.37) в квадрат и после несложных математических преобразований получим:

$$\dots$$

Это по виду квадратное уравнение вида \dots . Тогда решая уравнение относительно диаметра, получим:



При этом следует отметить, что действительному значению диаметра соответствует знак плюс, тогда после выноса за скобки получим выражение:

$$\left[\frac{2}{\pi} \left(\frac{v}{\omega} \right) \right] \cdot \quad (2.38)$$

Здесь при определении диаметра дискового рабочего органа для работы в конкретных значениях скорости поступательного движения необходимо вносить поправку на значение угла α .

Обзор теоретических исследований показывает, что многими авторами, при определении количества зубьев почвообрабатывающего диска, ставились ряд существенных условий [7, 11]: а) наибольшая степень воздействия зубьев на единицу площади; б) снятие верхнего слоя сухой почвы и смещение её в стороны; в) возможно меньший вынос влажного слоя почвы на поверхность поля.

При этом по технологическим требованиям, лезвие зубчатого диска следует выполнять по такой кривой, чтобы её форма обеспечивала скользящее резание почвы и сорняков в процессе движения, что связано с действием сил трения. Этому требованию удовлетворяет, как известно, кривая логарифмической спирали, которая характеризуется постоянством угла встречи с частицами материала. Уравнение логарифмической спирали в полярных координатах имеет вид [5,11]:

$$\rho = r_0 e^{\alpha \theta} \quad (2.39)$$

При этом должно соблюдаться условие:

$$\alpha \leq \arctan \mu$$

где μ - коэффициент трения почвы по стали.

Тогда общее уравнение логарифмической спирали в полярных координатах имеет вид:

$$\rho = r_0 e^{\alpha \theta} \quad (2.40)$$

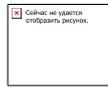
Согласно рисунку 2.5 можно записать зависимость для определения количества зубьев дискового рабочего органа в следующем виде:



(2.41)

где R - радиус диска; α - центральный угол между концами смежных (соседних) зубьев.

Также число зубьев дискового органа можно определить как



(2.42)

Зная заданную глубину хода рабочего органа и его диаметр, находим угол между соседними зубьями по зависимости:



(2.43)

Тогда подставляя значение (2.43) в уравнение (2.41) получим:



(2.44)

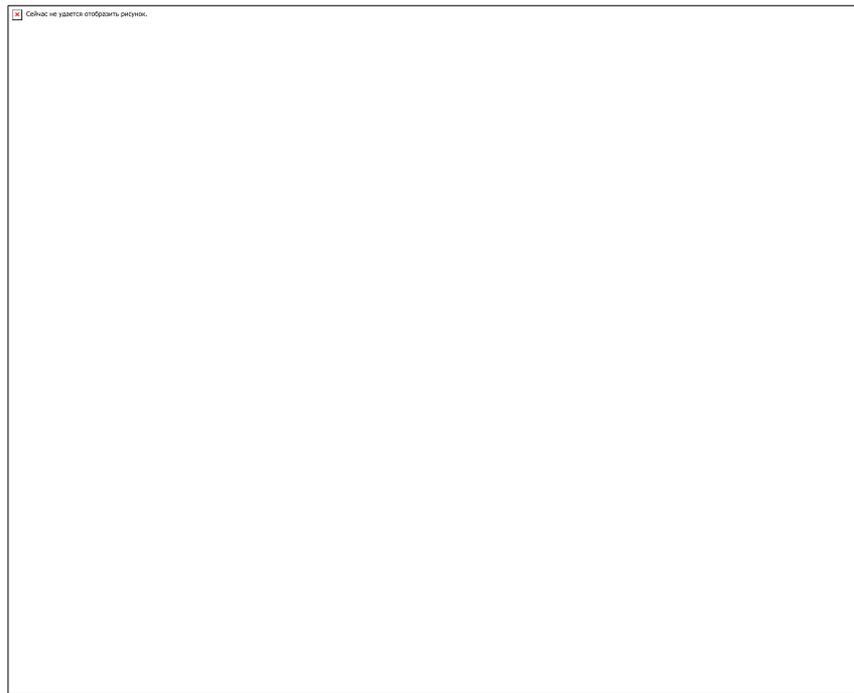


Рисунок 2.5 – Схема к определению конструктивных параметров диска
Как видно из рисунка б, для конца (носки) зуба справедливо равенство:



(2.45)

Поэтому подставляя значение (2.45) в уравнение (2.43) находим:



(2.46)

отсюда находим величину α :

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a comma.

или

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a comma.

тогда

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a period.

(2.47)

Длина тыльной кромки зуба определяется из выражения:

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a period.

(2.48)

Однако, в вышеуказанном выражении (2.30) глубина выреза между зубьями диска α , от которого зависит высота остаточного гребешка почвы, определена без учета углов β и γ . Поэтому согласно рисунку 6 зависимость для его определения запишется в следующем виде:

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a comma.

или подставляя значение α , получим:

A rectangular box containing the text "Сейчас не удается отобразить рисунок." followed by a period.

(2.49)

Это есть уравнение наибольшей глубины выреза между смежными зубьями.

Из уравнения (2.49) следует отметить, что высота гребешка, образуемого зубьями диска, зависит от его конструктивных параметров и физико-механических свойств почвы.

Таким образом, полученные теоретические (аналитические) зависимости позволяют проектировать зубчатый дисковый (ротационный) рабочий орган, которые сводятся к расчету их основных размеров и конструктивному выполнению. Поэтому полученные зависимости могут быть использованы как при исследовании, так и при проектировании дисковых рабочих органов, оснащенных режущими зубьями.

2.4 Обоснование и определение параметров бороздообразователя картофелесажалки

На посевных и посадочных машинах в качестве бороздообразователей применяют различные пассивные и ротационные сошники и наральники, а также используют окучники и другие приспособления. Хотя их назначение разное, но они выполняют некоторые общие операции: вырезают небольшие пласты почвы, частично крошат их и отбрасывают в сторону [1].

Однако из вышеперечисленных, пассивные бороздообразователи обладают существенными недостатками (значительной энергоемкостью процесса, большим тяговым сопротивлением и некачественное образование борозд).

Известно, что ширина раскрытой плоским двухдисковым сошником бороздки зависит от диаметра диска и расположения точки схода дисков. Обычно диаметр дисков для сошников общего назначения принимается равным 350 мм. Однако точку схода таких плоских дисков берут на некоторой произвольной высоте от опорной плоскости, когда во избежание пересыпания почвы в борозду через верхние раскрытые края дисков её необходимо определить и обосновать, учитывая технологические параметры и конструктивные особенности бороздообразователя. Причем ширина раскрытой борозды зависит от положения указанной точки и угла взаимного наклона дисков. Исходя из вышеизложенного, бороздообразователи с плоскими дисками широко применяются в посевных машинах зерновых культур, где требуется минимальная ширина раскрытой борозды. Но при возделывании картофеля требуется более широкие бороздки с минимальным осыпанием почвы со стенок. По этой причине, для бороздообразования при возделывании картофеля рекомендуется использовать сферические диски, но они не в полной мере изучены и обоснованы [3].

Основными геометрическими параметрами сферических дисков, характеризующими действие дисков на почву, являются радиус кривизны, угол атаки, угол наклона плоскости вращения лезвия к вертикали, центральный угол дуги окружности, образуемой в результате сечения диска экваториальной

плоскостью, задний угол, угол резания, угол заострения режущей кромки и диаметр диска. Кроме того, важным параметром является расстояние между дисками по горизонтальной оси [5, 7, 10].

Рассмотрим сферические диски бороздообразователя расположенные выпуклостью друг к другу под некоторым углом β , под углом атаки α и соприкасаются кромками в точке m в зоне дневной поверхности почвы.

Равномерность размещения клубней картофеля как по площади посадки, так и по глубине во многом зависит от характера бороздообразования и их заделки в почву. Особенности образования бороздок бороздообразователем зависит от его угла вхождения в почву, а также от характера осыпания почвы при работе, связанного с типом щёк бороздообразователя, их размером и обрезом.

У дисковых бороздообразователей (сошников) плоскости дисков выполняют роль щёк, а смыкающаяся передняя часть дисков заменяет наральник. Расположение точки стыка дисков определяет ширину и форму бороздки.

Если обозначим угол между радиусом диска, проходящим через точку m стыка дисков, и вертикальным диаметром диска через , ширину борозды через b , а угол взаимного наклона дисков (угол раствора дисков) через φ , то связь между этими величинами выразится формулой [2, 6]:

$$\text{[broken image icon]}, \quad (2.50)$$

где R – радиус диска, мм; b – ширина бороздки, мм.

Если не учитывать отклонения плоскости диска от вертикального положения (на угол β) ввиду небольшого значения, то высота точки m над опорной плоскостью дисков определится выражением [6]:

$$\text{[broken image icon]}, \quad (2.51)$$

где h – высота точки стыка дисков, мм.

Однако автором, во избежание пересыпания почвы в борозду через верхнее раскрытие края (щёк) дисков, высота точки стыка дисков обоснована не в полной мере и определена без учета технологического параметра –

глубины обработки (глубина хода дисков) и физико-механических свойств почвы. При этом было рекомендовано только о том, что точку схода дисков надо брать на некоторой произвольной высоте от опорной плоскости.

По рисунку 2.6 видно, чем больше угол , тем больше b , что положительно влияет на выполнение агрономических требований посадки клубней картофеля и отрицательно – для посева зерновых культур из-за образования гребня на дне борозды между дисками. Поэтому у сеялок рядового посева точка схода дисков сошника возвышается над дном борозды на 6,3 см [10].

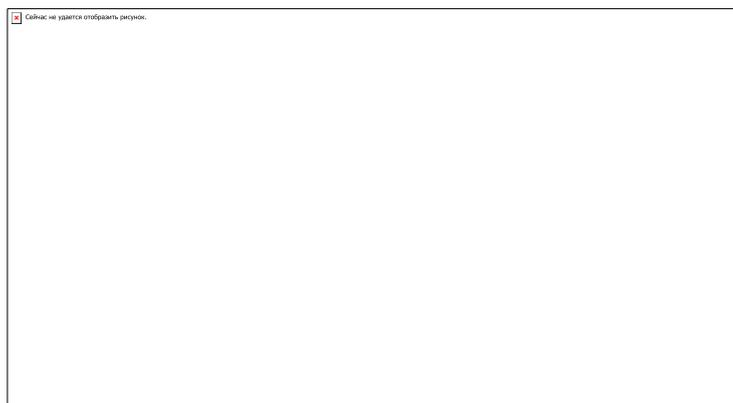
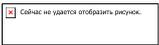


Рисунок 2.6 – Схема к определению ширины бороздки, образованной двухдисковым сошником

Кроме того, при теоретическом исследовании бороздообразования необходимо учитывать свойство осыпания почвы в борозду (по конусу осыпи). Здесь сущность заключается в том, что осыпь почвы частично закрывает бороздку (гребешки на дне борозды), раскрытую бороздообразователем, на некоторую величину , определяющую глубину заделку клубней (семян) и зависящая от расстояния между стенками дисков, от глубины их хода и от угла естественного откоса почвы. Эмпирическая зависимость для ее определения имеет такой вид [6]:

$$\text{}, \quad (2.52)$$

где a – глубина хода сферических дисков, см; x – расстояние между стенками дисков, см; c и n – опытные коэффициенты ($c=7,245$; $n=0,367$).

Эта зависимость позволяет определить горизонтальную длину основания конуса осыпания почвы внутри стенок дисков.

Тогда, зная угол естественного откоса почвы (конуса), длину половины основания конуса осыпи можно определить из выражения:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}, \quad (2.53)$$

где α - угол естественного откоса почвы, град.

Отсюда следует, что продольное расстояние от точки стыков сферических дисков до обреза щёк должно быть больше L .

Принимая во внимание вышеуказанные предпосылки и зная, что диаметр диска D и глубина обработки почвы a связаны между собой зависимостью [8]:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}, \quad (2.54)$$

где k – коэффициент ($k=3\dots 6$),

и подставив величину a из выражения (2.52) в формулу (2.54), получим:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}. \quad (2.55)$$

Далее подставив величину α из выражения (2.55) в формулу (2.51), получим:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}. \quad (2.56)$$

В формуле (2.56) также необходимо учитывать вспушенность почвы, коэффициент которой равен $\zeta=1,2\dots 1,25$ [4].

Отсюда высота точки стыка дисков будет равна:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}. \quad (2.57)$$

Если величину α из выражения (2.51) подставить в формулу (2.50), получим:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}. \quad (2.58)$$

Тогда подставив величину h из выражения (2.57) в формулу (2.58), окончательно получим:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}. \quad (2.59)$$

Таким образом, в формулах (2.57) и (2.59) учтены технологические параметры, конструктивные особенности бороздообразователя и физико-

механические свойства почвы. Отсюда следует, что высота точки стыка дисков при посадке картофеля должна быть в зоне дневной поверхности, а ширина борозды (b) – больше по сравнению с рядовым посевом для зерновых культур.

2.5 Методика расчета дозатора картофелесажалки

Рабочий процесс дозатора двухдискового (тарельчатого) типа разбивается на четыре последовательные фазы: 1 – вынос (набор) почвы со стенки борозды на рабочую поверхность дозатора; 2 – транспортирование почвы дисками от стенки борозды до места сброса (в зоне междурядья); 3 – сбрасывание почвы с дисков; 4 – распределение почвы по поверхности междурядья.

Вынос (набор) почвы со стенки борозды. Процесс выноса почвы дозатором основан на принципе работы одногранного плоского клина, вращающегося от сцепления с почвой стенки борозды и на законе истечения сыпучего материала. При этом под воздействием (врезанием) каждого плоского диска дозатора почва деформируется путем отрыва и стремится скользит вверх по рабочей поверхности диска. В это время лотки, находящиеся на рабочей поверхности диска, захватывают (подгребают) порцию почвы и удерживают её при транспортировании (вращении диска), качественное выполнение которых зависит от угла установки и параметров диска, а также от формы и геометрических размеров его лотков.

Для обоснования и определения угла установки каждого диска ко дну борозды рассмотрим силы, действующие на частицу m почвы, находящаяся на рабочей поверхности диска. При этом плоскость диска действует на почву нормальной силой N (рисунок 2.7). Эта сила разлагается на составляющую сейчас не удается отобразить рисунок, направленную назад, прямо пропорционально движению машины, и составляющую сейчас не удается отобразить рисунок, направленную по касательной к плоскости диска с почвотранспортирующим элементом, повернутым на угол сейчас не удается отобразить рисунок. Проекция силы R , отклоненной на угол трения сейчас не удается отобразить рисунок на плоскость диска, дает силу трения F , направленную противоположно сейчас не удается отобразить рисунок:

$$\text{[] сейчас не удается отобразить рисунок.} \quad (2.60)$$

Противодействующая ей сила трения:

$$\text{[] сейчас не удается отобразить рисунок.} \quad (2.61)$$

Тогда сила, вынуждающая частицу почвы m перемещаться по плоскости диска:

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$
 (2.62)

С другой стороны, на частицу почвы m действует сила $\boxed{\text{Сила с не задан. в сторону}}$, которая отбрасывает ее назад по ходу машины. Результирующей этих двух сил будет сила R , по направлению которой и происходит реальное движение частицы m .

Условие нормальной работы диска с почвотранспортирующими элементами – отсутствие скольжения почвы по почвотранспортирующему элементу при ее захвате из стенки борозды, и, наоборот, скольжение почвы по почвотранспортирующему элементу при сбрасывании ее в зону междурядья.

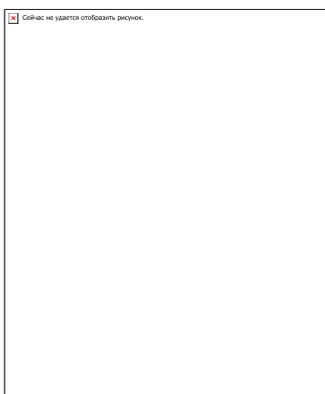


Рисунок 2.7 – Схема к определению угла установки почвотранспортирующих элементов дозатора

Первое условие будет соблюдаться в том случае, когда

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$
 ,

т. е. если

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$

ИЛИ

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$
 . (2.63)

Второе условие будет выполняться в том случае, если

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$
 ,

т. е. если

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$

ИЛИ

$$\boxed{\text{Сейчас не удается отобразить рисунок.}}$$
 . (2.64)

Эти два условия противоположны и совместимы только в одном случае, если

$$\alpha = \beta \quad (2.65)$$

Следовательно, угол установки почвотранспортирующих элементов должен быть равен углу внешнего трения почвы по диску дозатора. Тогда результирующая R будет направлена вдоль вектора \vec{R} , иначе говоря, действующей силой будет единственная сила R , так как

$$R = G \sin \alpha$$

и почва будет выбрасываться дозатором назад по ходу, прямо противоположно направлению его движения.

Учитывая, что некоторое уплотнение почвы влияет на ее проскальзывание, поэтому можно считать допустимым небольшое превышение угла α над углом трения β .

Для ориентировочного определения угловой скорости диска дозатора принимаем, что начальная скорость частиц почвы, выбрасываемых почвотранспортирующим элементом, равна скорости конца данного элемента:

$$v = \omega r$$

В момент сбрасывания почвы скорость v направлена под углом α к вертикали. При этом составляющие скорости v_x : горизонтальная - $v_x = v \sin \alpha$, вертикальная - $v_y = v \cos \alpha$.

Для обоснования и определения конструктивных параметров дозатора обратимся к агротехническим требованиям посадки и физико-механическим свойствам клубней картофеля [Босой]: 1) картофель высаживают широкорядным (рядовым) способом с междурядьями 60, 70 и 90см, с расстоянием между клубнями в рядке 25, 30 и 35см. Основное междурядье в большинстве районов нашей страны 70 см; 2) масса клубня – наименьшее (20...25г), среднее (55...60г), наибольшее (120...150г); 3) ширина гнезда – наименьшее (0,07м), среднее (0,25м), наибольшее (0,40м); 4) глубина залегания клубней – 0,12, 0,19 и 0,24м; 5) три фракции картофеля – крупный -

продовольственный (более 80г), средний – семенной (50...80г), мелкий – кормовой (30...50г); б) рабочая скорость движения в пределах от 2,9 до 9 км/ч.

Учитывая вышеуказанное и результаты исследований ряда авторов, нами выбраны: ширина междурядья – 70см, расстояние между клубнями – 25см, масса клубня – средняя (55...60г), ширина на дне борозды, равная ширине гнезда – наименьшая (0,06...0,07м), глубина посадки клубней – 0,19м, фракция картофеля – семенная (50...80г), рабочая скорость – в пределах от 2,9 до 9 км/ч.

Принимая во внимание ширину междурядья, параметры борозды и угол установки диска дозатора к дну борозды, диаметр диска можно определить по формуле:

$$\text{[Placeholder]}, \tag{2.66}$$

где [Placeholder] - ширина междурядья ([Placeholder]); [Placeholder] - ширина на дне борозды ([Placeholder]); [Placeholder] - угол наклона диска к дну борозды ([Placeholder]).

$$\text{[Placeholder]}.$$

Отсюда следует, что диаметр диска может быть выбран в пределах 35...40см.

Количество (объем) почвы, потребное для укрытия клубней картофеля за один оборот дисков дозатора:

$$\text{[Placeholder]}, \tag{2.67}$$

где [Placeholder] - путь, проходимый диском за один оборот при перемещении, м;

[Placeholder] - высота (толщина) почвы от дна борозды до поверхности присыпки,

м ([Placeholder] - средняя высота клубня; [Placeholder] - высота (толщина) почвы

для укрытия клубней); [Placeholder] - суммарный объем клубней, находящихся на расстоянии L , м³.

Отсюда

$$\text{[Placeholder]},$$

$$\text{[Placeholder]}.$$

Для определения числа клубней, находящихся на расстоянии L , средние размеры семенного картофеля принимаем , а расстояние между клубнями в рядке 26см. Отсюда получим

Тогда, подставив численные значения в выражение (2.67), можно рассчитать объем почвы, потребное для укрытия клубней картофеля:

$$\text{[Сейчас не удается отобразить рисунок.]}$$

Зная объем почвы, величины и площадь двух дисков, можно определить высоту почвотранспортирующего элемента:

$$\text{[Сейчас не удается отобразить рисунок.]}, \quad (2.68)$$

где S – суммарная площадь двух дисков, находящихся в процессе работы, м^2 .

Тогда, подставив численные значения, получим:

$$\text{[Сейчас не удается отобразить рисунок.]}$$

Таким образом, полученные аналитические зависимости позволяют обосновать выбор основных конструктивных и технологических параметров дозатора картофелесажалки: диаметр каждого диска в пределах , высота почвотранспортирующего элемента и объем почвы , потребного для укрытия клубней картофеля.

Кроме того, полученные теоретические зависимости позволяют проектировать дозатор картофелесажалки, которые сводятся к расчету их основных размеров и конструктивному выполнению. Поэтому полученные зависимости могут быть использованы как при исследовании, так и при проектировании дозаторов картофелесажалки, оснащенных почвотранспортирующими элементами.

Транспортирование почвы дисковой тарелкой. Во время работы дисковой тарелки сошника не может быть самопроизвольного сбрасывания почвы с тарелки, т. е. почва с тарелки сбрасывается с помощью специальных почвотранспортирующих элементов. Следовательно, дисковая тарелка должна вращаться с такой частотой, при которой почва не сможет сходить с него сапроизвольно.

Допустим, что тарелка представляет собой диск, а плоскость, наклоненную под углом α к горизонту (рисунок 2.8), а лезвие диска удален от оси вращения на расстояние R . На частицу почвы действуют сила тяжести mg , центробежная сила $m\omega^2 R$ и обусловленные ими нормальная реакция N и сила трения F .

Разложив действующие силы на составляющие $mg \cos \alpha$ и $mg \sin \alpha$ и перпендикулярные к ней составляющие $m\omega^2 R \cos \alpha$ и $m\omega^2 R \sin \alpha$, получим, что вверх по наклонной плоскости действуют составляющая $m\omega^2 R \sin \alpha$, а вниз – составляющая силы тяжести $mg \sin \alpha$. Следовательно, сила T , которая стремится вытолкнуть частицу вверх по наклонной плоскости тарелки,

$$T = m\omega^2 R \sin \alpha - mg \sin \alpha.$$

Этой силе противодействует сила трения F , направленная по наклонной плоскости вниз, т. е.

$$F = \mu N = \mu mg \cos \alpha,$$

где α - угол трения.

Следовательно, частица может двигаться вверх только при условии $m\omega^2 R \sin \alpha > \mu mg \cos \alpha$, или

$$\omega^2 > \frac{\mu g \cos \alpha}{R \sin \alpha}. \quad (2.69)$$

После преобразования данное условие можно записать в виде

$$\omega > \sqrt{\frac{\mu g \cos \alpha}{R \sin \alpha}},$$

где $\omega_{\text{кр}}$ - предельное значение кинематического режима.

При значениях $\omega < \omega_{\text{кр}}$ самопроизвольного сбрасывания частиц удобрений с тарелки высевающего аппарата происходить не будет.

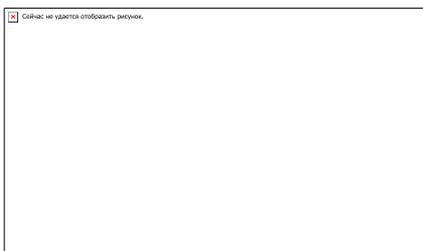


Рисунок 2.8 – Схема к определению угловой скорости дозатора

Исходя из условия (2.69) определим частоту вращения n тарелки, для чего сначала найдем предельную скорость  в момент начала самопроизвольного сбрасывания почвы с тарелки:



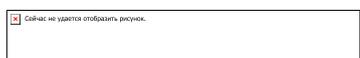
Принимая во внимание, что , получим



откуда



Следовательно, для того чтобы частицы почвы самопроизвольно не сбрасывались с тарелки, частота ее вращения должна соответствовать условию



Сбрасывание почвы с дисковой тарелки. Известны сбрасыватели пассивного и активного действия. Они должны удовлетворять следующим требованиям: их параметры и установка должны обеспечивать полное сбрасывание подведенного к ним материала (почвы или удобрения); почва не должна сгружаться и уплотняться перед сбрасывателями; должны обеспечиваться равномерность разброса, дополнительное интенсивное измельчение комков почвы. При этом предлагаемая тарелка центробежного типа по сравнению с другими надежна в эксплуатации, имеют сравнительно небольшие габаритные размеры, малую массу и обеспечивает достаточно равномерный разброс почвы с большой шириной захвата.

2.6 Общие выводы по разделу

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ И ПОЛЕВЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

3.1. Программа исследований и план эксперимента

На основе анализа научной и патентно-технической литературы установлены перспективные тенденции развития посадочной техники. В связи с этим разработана и теоретически обоснована новая конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника, позволяющая качественно проводить одновременно несколько технологических процессов при возделывании картофеля. Следующей стадией при разработке предлагаемого устройства являлось проведение экспериментальных исследований для подтверждения, полученных в ходе теоретических исследований, параметров и режимов работы комбинированного сошника.

Программой экспериментальных исследований (таблица 3.1) предполагалось последовательное проведение исследований по плану эксперимента в три этапа, по данным которого предусматривалось обоснование конструктивных параметров и режимов работы комбинированного сошника при возделывании картофеля.

Первый этап заключался в проведении рекогносцировочных исследований, направленных на выявление характера взаимодействия с почвой и посадочным материалом, используемых в настоящее время рабочих органов машин и агрегатов для проведения посадки клубней картофеля.

Второй этап экспериментальных исследований заключался в проведении лабораторно-полевых опытов. Лабораторные эксперименты осуществлялись в лабораторной обстановке с искусственным созданием условий, приближающихся к реальным. При этом, составлялись графические зависимости, позволяющие определить оптимальные параметры и режимы работы комбинированного сошника, установка которых позволяла выполнить технологические процессы посадки с заданными агротехническими требованиями.

Для подтверждения результатов, полученных в ходе лабораторных исследований осуществлялась закладка и проведение полевого опыта.

Таблица 3.1 - Программа проведения исследования

Тип исследования	Учитываемые факторы	Отклики
Рекогносцировочные	Форма сошника - килевидные, анкерные, комбинированные. Параметры - длина, ширина, высота, углы; Режимы работы — скорость	Качественные показатели — глубина образования бороздки, гребнистость, выровненность.
Лабораторные	Форма - комбинированные, килевидные, анкерные сошники. Параметры и режимы работы комбинированного сошника. Предпосевная обработка почвы различными рабочими органами. Дерновоподзолистая почва, легко и среднесуглинистая по гранулометрическому составу.	Физико-механические и технологические свойства почвы — плотность, г/см ³ ; влажность, %; коэффициент структурности, ед.; твердость, МПа; липкость, МПа; прочность почвы, МПа. Качественные показатели операции посева — гребнистость, комковатость, выровненность, глыбистость; распределение семян по длине и ширине ряда.
Полевые	Посадка картофелесажалкой КСМ-4 с использованием стандартного и комбинированного сошников. Скорость посадочного агрегата — 10...12 км/ч.	Физико-механические и технологические свойства почвы — плотность, г/см ³ ; влажность, %; коэффициент структурности, ед.; твердость, МПа; прочность почвы, МПа. Качественные показатели операции посадки — гребнистость, комковатость, выровненность, глыбистость поверхностного слоя почвы, глубина заделки клубней и их распределение по длине и ширине ряда. Полевая всхожесть картофеля, вегетационный период развития растений и урожайность.
Производственные испытания	Посадка клубней картофеля картофелесажалкой КСМ-4 с использованием стандартных и комбинированных сошников.	Определение технико-экономических показателей технологической операции посадки клубней. Урожайность картофеля.

Третьим этапом проведения исследований являлись производственные испытания. При этом производилось определение технико-экономических показателей эффективности использования комбинированного сошника при возделывании картофеля.

3.2. Методика экспериментальных исследований

3.2.1 Методика проведения лабораторных исследований

В программу проведения исследований включалось проведение лабораторных исследований, предусматривающих выполнение эксперимента в лабораторных условиях на макетном образце рабочего органа картофелесажалки. В соответствии с этой задачей лабораторных исследований являлось получение информации о проведении технологических процессов посадки, а также определение оптимальных параметров и режимов работы комбинированного сошника, применительно к посадке клубней картофеля.

В соответствии с задачей лабораторного исследования требовалось:

- выявить факторы, влияющие на конструктивные параметры и режимы работы исследуемого комбинированного сошника на различных, по гранулометрическому составу, почвах;
- определить характер и величину изменения ФМТС почвы после прохода рабочего органа.

Планирование и проведение лабораторного эксперимента заключалось в установлении последовательности проведения исследований. На начальном этапе для определения основных факторов, влияющих на значение отклика, проводилось изучение технологических операций формирования бороздки и распределения клубней с последующей их заделкой. При планировании эксперимента под факторами принимались конструктивные параметры и режимы работы комбинированного сошника, влияющие на выполнение агротехнических требований. Под откликами подразумевались показатели качественного проведения технологического процесса посадки клубней картофеля, а также изменение ФМТС поверхностного слоя почвы.

Планирование лабораторного исследования осуществлялось с помощью классического метода /111, с. 51...55/. Для этого составлялась план-матрица ПФЭ типа 3⁵, представленная в таблице 3.2.

Таблица 3.2 - План - матрица ПФЭ типа 3⁵ проведения лабораторных исследований комбинированного сошника

Факторы	Натуральное обозначение	Кодовое обозначение	Единица варьирования	Уровни варьирования					
				Натуральное			Кодовое		
				нижний	нулевой	верхний	нижний	нулевой	верхний
Скорость перемещения сошника V , м/с.	A	X_1	0,28	1,66	1,94	2,22	-1	0	+1
Угол вхождения сошника в почву β , град.	D	X_2	1	4	5	6	-1	0	+1
Дополнительная нагрузка $P_{доп}$, Г.	E	X_3	500	0	500	1000	-1	0	+1
Высота боковин h_6 , мм.	F	X_4	2	6	8	10		0	+1
Угол основания трапеции α , град.	G	X_5	5	45	50	55	-1	0	+1

Анализ представленной таблицы 3.2 показывает, что при числе факторов, соответствующем 5, и уровнях их варьирования равным 3 количество опытов при классическом методе планирования достигает 2187шт., что приводит к увеличению трудоемкости и затрат времени на проведение лабораторного эксперимента. Поэтому производили разбивку ПФЭ типа 3^5 на два эксперимента. Разделение план-матрицы осуществлялось с учетом характера взаимодействия рассматриваемых факторов. Разделение план-матрицы типа 3^5 осуществлялось на эксперимент №1 и эксперимент №2, с составлением соответствующих план- матриц типа 3^3 указанных в приложении 1 (таблицы 1 и 2). При этом фактор, угол вхождения сошника присутствует в обеих план-матрицах.

Далее производилось кодирование факторов и составление планов полных факториальных экспериментов. Общее количество опытов при проведении однократных экспериментов составляет 162 шт.

При планировании лабораторного исследования комбинированного сошника подразумевалось проведение серии опытов с созданием исходного состояния почвы: плотность почвы - $0,95...1,1$ г/см³; влажность почвы - до 30%; твердость почвы - до 4,5 МПа; гребнистость поверхности почвы - $1,5...2,5$ см; структура - мелкокомковатая.

После планирования эксперимента осуществлялось проведение лабораторного исследования на почвенном канале, с устройством для привода исследуемых рабочих органов (рисунок 3.1). Почвенный канал представляет собой жестко сваренный короб 1 (10 X 1,5 X 1,2). На поверхности канала закреплены направляющие 2, в которых перемещается приводная тележка 3, служащая для крепления рабочих органов. Устройство для привода представляет собой электродвигатель 7 с коробкой переменных передач 6, предназначенной для изменения режима работы исследуемого рабочего органа в заданных диапазонах шкива 5 для наматывания троса и блока 4 для регулировки троса относительно приводной тележки по высоте /24/.

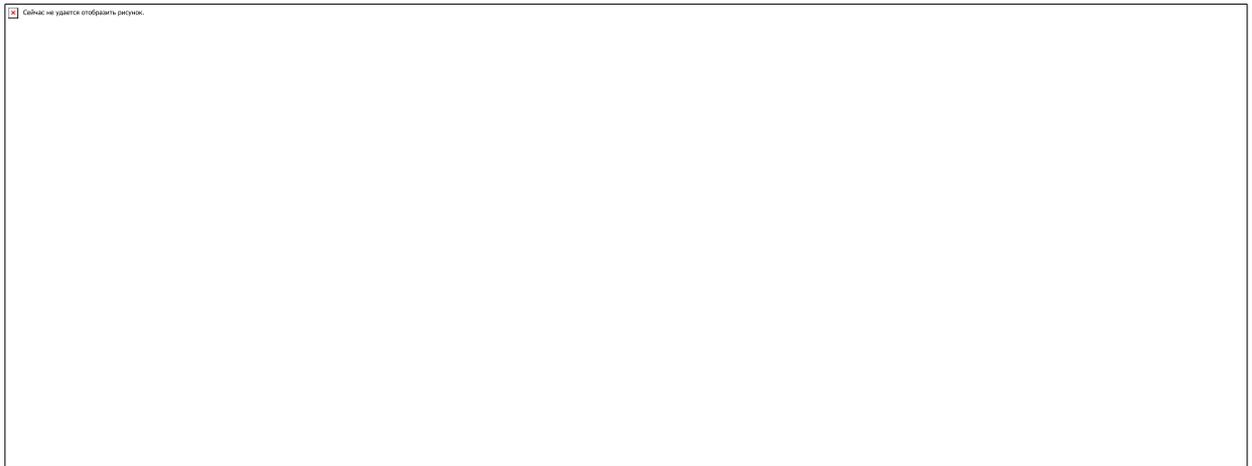


Рисунок 3.1 – Установка для проведения лабораторных исследований

Лабораторные исследования проводились с применением макетных образцов комбинированных сошников, изготовленных в Учебно-демонстрационном центре Казанского ГАУ.

При проведении лабораторных исследований комбинированного сошника предусматривалась подготовка и проведение опытов. К подготовительному процессу относилось: создание исходного состояния почвы; установка значений конструктивных параметров и режимов работы комбинированного сошника, заданных по плану эксперимента. К проведению опыта относилось осуществление прохода комбинированного сошника с заданными параметрами, фиксирование в протоколы ФМТС почвы поверхностного слоя, а также качественные показатели выполнения технологической операции посадки.

При определении ФМТС почвы использовались известные в настоящее время методики /15, 48, 79, 82/, а также методики разработанные на кафедре СХМ.

При проведении лабораторного исследования под качественными показателями выполнения технологического процесса посадки подразумевалось, по ОСТ 10 5.1 - 2000 /79, с. 13...20/, определение гребнистости поверхности почвы, глубины заделки клубней и их распределение по длине и ширине борозды. Дополнительно определялась форма и геометрические параметры образованной бороздки.

Гребнистость поверхности определяли с помощью линейки путем измерения в вертикальной плоскости. Глубину образования борозды устанавливали путем замера расстояния от дна борозды до дневной поверхности. Распределение клубней определяли путем непосредственного удаления поверхностного слоя почвы. Форму образованной борозды определяли путем непосредственного удаления взрыхленного поверхностного слоя почвы.

Для снижения вероятности ошибки, при определении значений откликов, и увеличения достоверности получаемых данных каждый параметр ФМТС почвы и показатель выполнения технологического процесса посадки замерялся в трехкратной повторности.

Таким образом, проведение лабораторных исследований по разработанной методике позволило с достаточной степенью точности изучить влияние комбинированного сошника на почву, определить степень изменения ее ФМТС от параметров и режимов работы исследуемого рабочего органа при различных исходных состояниях. Применение предлагаемой методики позволило определить соответствие выполнения заданных свойств по агротехническим требованиям на посадку при возделывании клубней картофеля.

3.2.2 Методика проведения полевого опыта

Основными этапами полевого опыта являлось:

- выявление характера изменения ФМТС почвы по глубине пахотного горизонта, в зависимости от конструктивных параметров и режимов работы сошника;
- установление показателей качества выполнения проводимых технологических процессов посадки при возделывании клубней картофеля;
- определение значений полевой всхожести клубней картофеля, в зависимости от используемого типа сошника;

- получение урожайности картофеля от применения комбинированного сошника и сравнение с показателями, полученными вследствие использования стандартного рабочего органа.

Основными откликами при проведении полевого опыта являлись ФМТС почвы, получаемые после посадки, качество проведения технологических процессов, полевая всхожесть клубней и урожайность. В процессе развития растений проводились фенологические наблюдения /22/.

Планирование полевого опыта осуществлялось классическим методом, предложенным Б.А. Доспеховым /33, с. 72...88/. Разрабатывалась план-матрица, производилась разбивка участка на делянки, составлялись протоколы для занесения полученных результатов /21/.

В разработку план-матрицы полевого опыта входило определение исследуемых факторов с уровнями варьирования их значений и установление основных откликов. Определены наиболее значимые факторы, к которым относятся: предпосадочная обработка почвы, тип сошника и скорость картофелесажалки. К фактору предпосадочной обработки почвы следует относить формирование поверхностного слоя почвы, посадки на необходимую глубину заданными ФМТС почвы.

Для определения уровней варьирования рассматриваемых факторов проводились анализ научно-технической литературы и лабораторно-полевые исследования. Посадку рекомендуется проводить с применением комбинированных сошников на скоростях от 8 до 12 км/ч. В связи с этим план-матрица имеет три фактора и три уровня варьирования. При использовании план-матрицы ПФЭ типа 3^3 получается значительное количество учетных делянок, что приводит к увеличению общей площади участка поля. Для снижения опытов использовался математический метод планирования эксперимента /111, 55...62/, заключающийся в уменьшении числа опытов за счет снижения уровней варьирования факторов.

По математическому методу планирования эксперимента составлена план-матрица ПФЭ типа 2^3 , представленная в таблице 3.3, которая реализовывалась при посадке клубней картофеля.

Таблица 3.3 - План-матрица ПФЭ типа 2^3 при проведении полевого опыта на посадке клубней картофеля

Фактор	Код	Уровни варьирования			
		Натуральное		Кодовое	
		-1	1	-1	1
Предпосадочная обработка	$X_1(A)$	Типа РВК	Типа КТТТП- 8 + трубчатый каток	0	1
Тип сошника	$X_2(B)$	Стандартный	Комбинированный	0	1
Скорость посадочной машины, км/ч	$X_3(C)$	10	12	0	1

В составленной план-матрице факторы предпосадочная обработка и скорость посевного агрегата являются количественными, а тип сошника — качественным. Под количественным подразумевалось выражение уровней варьирования рассматриваемого фактора числовыми значениями комплексного показателя. Поскольку основной задачей проведения предпосадочной обработки является изменение ФМТС почвы, следовательно, комплексным показателем, характеризующим качество проводимой технологической операции, является плотность почвы. Скорость посадочной машины является количественным фактором с пределами от 10 до 12 км/ч. При исследовании степени и характера влияния качественных факторов на значения откликов учитываются минимальные и максимальные уровни варьирования, под которыми подразумевается использование различных типов сошников.

Далее осуществлялось кодирование исследуемых факторов и составление плана эксперимента в кодированных переменных для проведения полевого опыта при возделывании картофеля, представленного в приложении 3 (таблица 1). Для охвата пестроты земельного участка и снижения ошибки опыта каждый вариант из плана эксперимента проводился в трехкратной повторности.

После проводился выбор участка поля, определение его формы и размера. При этом учитывалось то, что площадь делянки по Доспехову Б.А. /33, с. 46...52/ при возделывании картофеля должна достигать 20...25м².

После планирование полевого опыта осуществлялось непосредственно его проведение. Посадка осуществлялась на доработанной картофелесажалке КСМ-4 с использованием разработанных и изготовленных комбинированных сошников для посадки картофеля.

Методика определения показателей не отличалась от используемой в лабораторных исследованиях. Определение гребнистости поверхности почвы осуществлялось по ОСТ 10 5.1 - 2000 (п. 6.2.11.2 - 6.2.11.3) /79/.

После посадки картофеля определяли полевую всхожесть клубней. Вместе с тем, для установления влияния изучаемых технологических процессов на прохождения фаз роста клубней картофеля, при проведении полевого опыта осуществляют фенологические наблюдения по методике, указанной Долговым Б.С. /31, с. 9...11/.

3.2.3 Методика проведения производственных испытаний

Третьим этапом проведения экспериментальных исследований являются производственные испытания. Отличительной особенностью данного типа исследований является осуществление эксперимента на значительных посадочных площадях в сравнении с базовыми технологиями /54/. При этом производится расчет энергетических и производственно-эксплуатационных затрат и определение урожайности культур.

Производственные испытания осуществлялись в ООО «Волжская» Лаишевского района РТ на общей площади 14,3 га. Посадка осуществлялась с использованием картофелесажалки КСМ-4 со стандартными и комбинированными сошниками.

3.3. Методика обработки экспериментальных исследований

В основу экспериментальных исследований положен принцип получения данных, на основе которых производится качественная оценка проведенных технологических процессов.

Для проведения обработки полученных данных, путем составления регрессионного уравнения, при планировании эксперимента подразумевалось использование план-матриц ПФЭ с кодированием факторов.

После проведения опытов осуществлялась статическая обработка полученных результатов, с использованием стандартной компьютерной программы Excel входящей в комплект Microsoft Office.

Начальным этапом обработки полученных результатов являлось отсеивание грубых погрешностей, полученных в результате проведения опытов.

Для определения и отсеивания грубых погрешностей при проведении обработки результатов использовался метод исключения данных, явно указывающих на ошибку /111, 79.. .80/. Для проведения соответствующих расчетов использовалась компьютерная программа Microsoft Excel с составлением алгоритма расчетов. После определяли среднее арифметическое и среднеквадратичное отклонения полученных данных, коэффициент вариации и дисперсию статистического распределения.

Среднее арифметическое значение отклика по повторностям

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3.1)$$

где y_1, y_2, \dots, y_n - значение отклика; n - количество измерений.

Дисперсия статического распределения представляет собой

$$s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (3.2)$$

Среднее квадратичное отклонение отклика находится по выражению

$$s = \sqrt{s^2}. \quad (3.3)$$

Коэффициент вариации рассчитывается как

$$v = \frac{s}{\bar{y}}. \quad (3.4)$$

Дальнейшая обработка данных производится путем составления регрессионного уравнения второго порядка. Для каждого регрессионного уравнения производилась проверка воспроизводимости опыта, адекватности

модели и оценка значимости коэффициентов регрессии с использованием критериев Кохрена, Фишера и Стьюдента /111/, с применением компьютерной программы Microsoft Excel. При этом, исходя из степени надежности результатов измерений доверительная вероятность принималась 0,95.

Заключительным этапом обработки данных являлось построение поверхности отклика в декартовой системе координат XYZ, при этом на осях X и Y откладывались значения исследуемых факторов, а на оси Z - функция отклика, полученная расчетным путем. Построение поверхностей отклика осуществлялась с использованием компьютерной программы MathCAD 13 /47/. После построения графических зависимостей осуществлялся анализ полученных характеристик с выявлением закономерностей развития рассматриваемого процесса.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ

4.1 Комбинированный сошник для посадки картофеля

Принимая во внимание вышеизложенные предпосылки, обнаруженные недостатки и основные направления развития (совершенствования) рабочих органов картофелесажалки возникла настоятельная необходимость в изыскании новых форм и конструкций комбинированных сошников, основанные на рациональных принципах воздействия их рабочих элементов на обрабатываемую среду.

Для осуществления указанной задачи нами разработана новая конструкция комбинированного сошника для посадки картофеля. Комбинированный сошник для посадки картофеля включает стойку 1. На стойке 1 последовательно смонтированы два плоских зубчатых диска 2, установленные под углом атаки к направлению движения и наклона к вертикальной оси, установленный с возможностью переустановки по высоте бороздообразователь 3, выполненный в виде двух сферических дисков, выпуклость которых обращена друг другу и к продольной оси сошника, и клубненаправитель 4, расположенный за бороздообразователем 3, между дисками. Пассивный корпус 5 жестко соединен с тыльной стороной клубненаправителя 4 и имеет две расположенные на расстоянии друг от друга боковины. На каждой боковине пассивного корпуса 5 выполнено вырезное окно 6, в котором размещен с возможностью вращения плоский зубчатый диск 7 с почвотранспортирующими элементами 8, каждый из которых выполнен в виде половины параболы, ветвь которой обращена к краям диска, вершина его центру и с выпуклостью в сторону направления движения сошника. Такое выполнение почвотранспортирующих элементов 8 диска 7 позволяет набрать определенную порцию почвы из стенки борозды, образованной бороздообразователем 3, пропустить ее через вырезное окно 6 и плавно подавать срезанные порции почвы для укрытия клубней картофеля. Нижний конец клубненаправителя 4 плавно отогнут в сторону, противоположную

направлению движения сошника. Такое выполнение рабочей поверхности клубненаправителя 4 способствует уменьшению скорости падения клубней при посадке, что позволяет уменьшить травмирование их ростков во время укладки его на дно борозды. Кроме того, уменьшается разброс клубней по ширине борозды, а также исключается забивание почвой выходного отверстия клубненаправителя 4. Все это способствует качественной укладке клубней на дно борозды и их последующей всхожести.

Бороздообразователь 3 смонтирован с возможностью изменения его положения по высоте путем переустановки оси вращения сферических дисков в отверстиях 9, выполненных на стойке 1 бороздообразователя, каждый из которых соответствует определенной глубине бороздообразования.

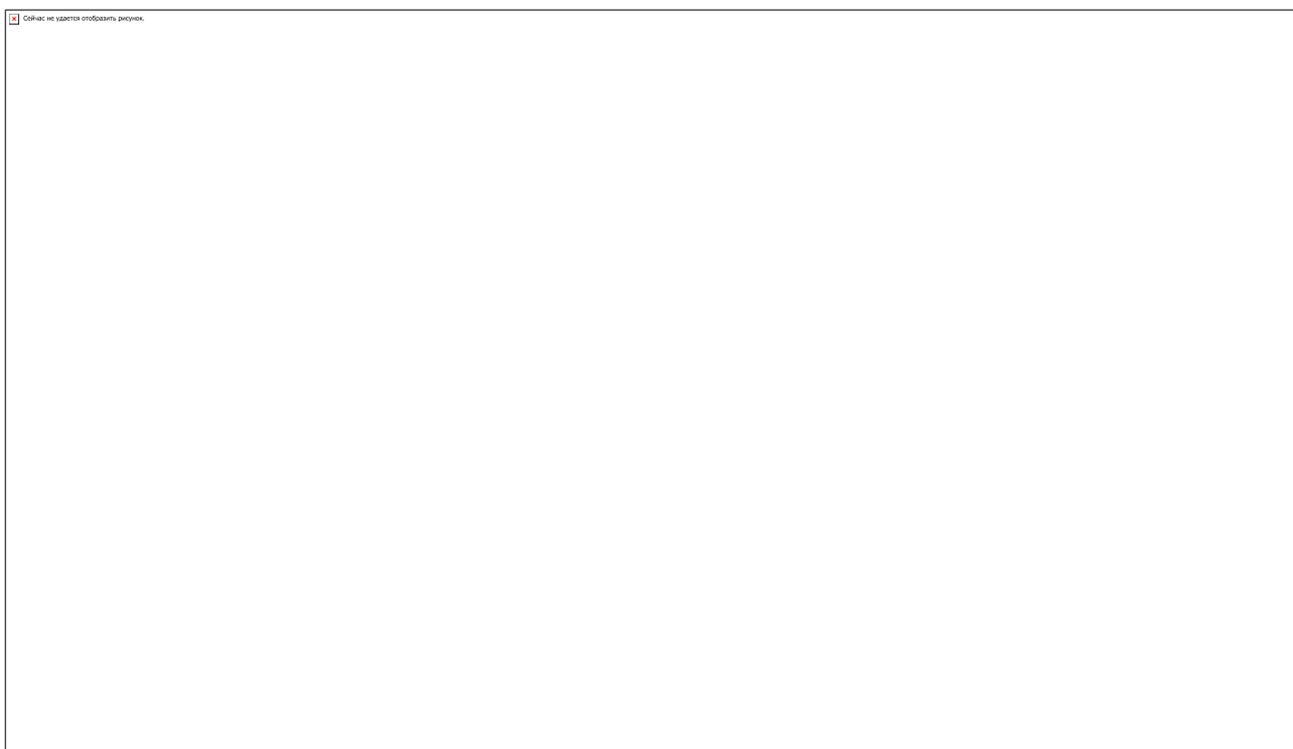


Рисунок 4.1 – Конструктивно-технологическая схема комбинированного сошника для посадки картофеля

Передняя режущая кромка 10 каждого зуба 11 плоских дисков 2 выполнена по участку логарифмической спирали и размещена радиально выпуклостью наружу относительно центра дисков 2, а тыльная кромка 12 каждого зуба 11 выполнена в виде прямой линии, которая соединяет острый конец (точку) носка зуба с центром диска. Кроме того, каждый плоский диск 7

насажен на вертикальную ось 13 посредством подшипника с возможностью регулирования (изменения) его угла наклона относительно вертикали по выполненному в боковине пазу 14. Диск 7 снабжен трапецеидальными зубьями 15 без заточки, причем нижняя часть вертикальной оси 13 выполнена в виде шарнира 16, а верхняя посредством кронштейнов 17 закреплен к боковине пассивного корпуса 5 с ее внутренней стороны (ближе к продольной оси сошника). Угол наклона диска 7 изменяют поворотом вертикальной оси 13 на шарнире 16 относительно вертикальной плоскости по сектору 18, выполненному над пазом 14 и имеющему градуацию величины угла наклона, и фиксации болтом. Указанные в секторе 18 градуация углов наклона вертикальной оси 13 определена экспериментально и прямо пропорциональна массе подаваемой почвы для укрытия клубней картофеля. Изменяя угол наклона дисков 7 толщина слоя почвы над клубнями картофеля при изменении глубины их посадки, регулируемой бороздообразователем 3, остается постоянной.

Работа происходит следующим образом.

При движении комбинированного сошника картофелесажалки по возделываемой (обрабатываемой) площади зубчатые диски 2, установленные под некоторым углом атаки к направлению движения и наклона к вертикальной оси на нижней части стойки 1, выполняют роль реактивной фрезы, производя рыхление верхнего слоя почвы и крошение комков с одновременным частичным пропуском части измельченной почвы через вырезы между зубьями 11 дисков 2 в пространство между ними и образованием ленты из разрыхленной влажной почвы. Далее сферические бороздообразователи 3, выпуклость которых обращена друг к другу (к продольной оси сошника), перемещаясь по рыхлой ленте, формируют бороздку. При этом клубненаправитель 4, нижняя часть которого плавно отогнута в сторону, противоположную направлению движения сошника, укладывает клубни на дно борозды. После чего с двух сторон борозды зубчатые плоские диски 7 (тарелки), оснащенные почвотранспортирующими

элементами 8 в виде половины параболы, ветвь которой обращена к краям каждого диска 7, вершина к его центру, а ее выпуклость в сторону направления движения, забирают из стенок борозды почву и укрывают (присыпают) высаженные клубни тонким слоем почвы, толщиной не более 1 ... 2 см, который способствует интенсивному пропусканию тепла, инфракрасных лучей и воздуха к клубням, обеспечивая их лучшее прорастание (всхожесть). При этом трапецеидальные зубья дисков 15 способствуют хорошему их сцеплению с почвотранспортирующими элементами 8 со стенкой борозды.

4.2 Анализ результатов лабораторных исследований

Под исследуемыми откликами рассматривалось качественное выполнение технологического процесса посадки клубней картофеля, в которые входили: гребнистость поверхностного слоя почвы; глубина хода сошника и распределение клубней по длине и ширине борозды.

При проведение лабораторного эксперимента осуществлялось исследование качественных показателей выполнения технологической операции посадки клубней картофеля от установки параметров и режимов работы комбинированного сошника.

Результаты лабораторных исследований по изменению глубины хода комбинированного сошника h от установки угла его вхождения β в почву, полученные в почвенном канале (при $v < 2,74$ м/с) и исходном состоянии почвы ($W=17,3\%$, $\rho=1,29$ г/см³), позволили составить регрессионное уравнение (4.1).

Сейчас не удается отобразить рисунок.(4.1)

Анализ уравнения (4.1) показывает, что при увеличении угла вхождения сошника в почву от 2° до 11° наблюдается повышение глубины хода сошника. При значениях угла от 3° до 8° глубина хода приближается к оптимальной (12...18см).

При дальнейшем совместном увеличении значений факторов, поверхность отклика имеет направление развитие в сторону увеличения. Такой характер развития рассматриваемого явления обуславливается тем, что

по центру борозды происходит образование впадины, которая ведет к увеличению значения гребнистости поверхности почвы.

На основе проведения исследования распределения клубней по длине и ширине борозды определено, что наибольшее влияние на данный показатель оказывают скорость перемещения сошника и угол основания трапеции. При этом, указывается на снижение разброса клубней по ширине бороздки с фиксированным значением скорости перемещения сошника на уровне от 2 до 2,2 м/с. При дальнейшем повышении угла происходит увеличение разброса клубней по ширине, вследствие того, что происходит самоосыпание стенок бороздки.

На основании анализа полученных результатов выполнения качественных показателей технологического процесса посадки клубней картофеля наблюдается сходимость результатов, полученных при теоретических исследованиях и в ходе проведения лабораторного эксперимента.

4.3 Результаты полевых исследований

После проведения лабораторного исследования, с определением оптимальных параметров и режимов работы комбинированного сошника в почвенном канале выполнялся полевой опыт в естественных условиях при возделывании картофеля.

Исследование глубины заделки семян стандартными и комбинированными сошниками показывает, что на изменение данного отклика влияют все рассматриваемые факторы. При анализе влияния на отклик взаимодействия предпосадочной обработки почвы и скорости перемещения сошника, при использовании комбинированного сошника, выявлены характерные значения факторов, обеспечивающие осуществление заданной глубины заделки клубней. Получение данных значений происходит при использовании КСМ-4 при скорости посадки равной 10 км/ч. При повышении скорости перемещения сошника значение отклика повышаются на обоих уровнях варьирования.

Анализ значения показателя гребнистости почвы указывает на его увеличение от килевидного и комбинированного сошников, при увеличении скорости посевного агрегата до 12,5 км/ч.

Исследования, отражающие распределение клубней по длине и ширине рядка, показали на то, что использованные при полевом опыте сошники удовлетворяют заданным агротребованиям при возделывании картофеля.

Проведенные полевые исследования позволили обосновать параметры и режимы работы комбинированного сошника, полученные в лабораторных условиях.

4.4 Анализ полевой всхожести клубней и урожайности картофеля

Анализируя поверхности отклика, от влияния типа сошника, установлено, что при использовании КСМ-4 в сочетании со стандартным сошником получается наименьшее значение полевой всхожести семян.

Использование предпосадочной обработки способствует незначительному увеличению отклика, что объясняется более качественно подготовкой почвы с созданием уплотненного семенного ложа. С применением комбинированного сошника имеется тенденция к увеличению рассматриваемого отклика. Так, при использовании комбинированного сошника, полевая всхожесть увеличивается по сравнению со стандартным на 9,4%.

При проведении полевого опыта осуществлялись фенологические наблюдения, при которых рассматривались сроки прохождения характерных фаз развития растений.

Анализ полученных данных показывает на снижение общего количества дней вегетационного периода клубней картофеля при использовании комбинированного сошника на 4 дня. Снижению сроков прохождения фазы всходов способствовало качественное формирование посадочной бороздки с частичным присыпанием клубней.

Проведенные лабораторно-полевые исследования позволили с достаточной степенью точности обосновать основные параметры и режимы

работы комбинированного сошника, при которых качественно осуществляется технологический процесс посадки клубней картофеля с выполнением заданных агротехнических требований. Также определены сроки прохождения характерных фаз развития растений, на основе чего обосновано применение типа сошника. В ходе проведения полевых опытов установлены значения урожайности картофеля.

4.5 Результаты производственных испытаний изготовленных комбинированных сошников

Для апробации разработанной технологии и устройства проводились производственные испытания. Данные испытания осуществлялись в ООО «Волжская» Лаишевского района РТ на общей площади 14 га.

В результате проведения производственных испытаний на участках сельскохозяйственных предприятий РТ получены значения урожайности картофеля. Апробировалась разработанная интенсивная технология с использованием комбинированного сошника. В ходе проведения испытаний установлено, что использование стандартных и комбинированных сошников позволяют выявить значительные расхождения в значении урожайности.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОСАДКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ КОМБИНИРОВАННЫМ СОШНИКОМ

Заключительным этапом исследований является расчет годового экономического эффекта разработанного и изготовленного рабочего органа при возделывании клубней картофеля путем проведения производственного испытания. Годовой экономический эффект определяется по влиянию разработанного рабочего органа на прирост прибыли получаемой за счет повышения урожайности возделываемой культуры, с учетом снижения себестоимости производства продукции /67/.

Для экономически обоснованного выбора типа сошника, выполняющего заданные агротехнические требования при возделывании картофеля, производилась сравнительная оценка экономической эффективности применения разработанного комбинированного с серийно выпускающимся сошником /57/.

Учет затрат при использовании комбинированного сошника складывались из затрат на изготовление и установку новых рабочих органов. При этом, в ходе теоретических и лабораторно-полевых исследований комбинированных сошников, установлено снижение тягового сопротивления в сравнении с использованием пассивных сошников.

Для определения затрат на проведение технологической операции посадки использовались расчеты расхода топлива на единицу выполненной работы комбинированными и пассивными сошниками. При посадке картофеля на общей площади 14,3 га с использованием комбинированного сошника удельный расход топлива составлял 2,36 кг/га, а при использовании стандартного сошника равнялся 2,55 кг/га, что соответствует увеличению необходимого расхода на 1,1 %. Увеличению удельного расхода топлива способствовало повышение тягового сопротивления стандартного сошника на 0,43 кН.

Все затраты на изготовление и установку комбинированного сошника входило определение количества и стоимость необходимого материала для разработки рабочего органа, поводка с креплением, а также стоимость проведения

работ по изготовлению сошника и комплектации сажалки. По проведенным расчетам общая стоимость изготовленных 2 штук комбинированных сошников, с учетом материала и выполняемых работ составила 30746,80 рублей.

Далее определялась прибыль, за счет повышения урожайности картофеля при использовании комбинированного сошника. В результате проведенных производственных испытаний установлено, что урожайность картофеля при использовании стандартного и комбинированного сошников прирост урожайности на 5,24 ц/га. Затем определялась стоимость дополнительно полученной продукции, которая составила 4036,28 руб./га.

Для определения годового экономического эффекта от внедрения комбинированного сошника при возделывании картофеля использовалась общепринятая методика, по которой данный показатель составил 27135,14 рублей.

Показатель	Применение типа сошника	
	Стандартного	Комбинированного
Балансовая стоимость, руб.	2970000,00	3000736,00
Объем внедрения, га	14,30	14,30
Прирост урожайности, ц/га	-	37
Годовой экономический эффект, руб	-	327135,14
Срок окупаемости капиталовложений при возделывании картофеля, лет	-	0,92

Анализируя полученные данные, представленные в таблице 5.1 можно сделать вывод о целесообразности использования комбинированного сошника при посадке картофеля, на основе полученного прироста урожайности, при относительно небольших дополнительных капитальных вложений, которые окупаются 0,92 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. На основе анализа существующих конструкций отечественных и зарубежных картофелесажалок разработан комбинированный сошник для посадки картофеля (патент РФ на изобретение №2632220).

2. Получены уравнения движения зубчатого ротационного рабочего органа и аналитические зависимости для определения конструктивно-технологических параметров рыхлительных дисков, бороздообразователя и дозатора картофелесажалки с почвотранспортирующими элементами. Установлено что, для качественной предпосадочной обработки почвы значение углов α и β должны быть в пределах: $\alpha=16^\circ$ и $\beta=10...25^\circ$.

3. Проведены лабораторные исследования комбинированного сошника, позволяющие определить его оптимальные параметры и режимы работы. Качественное выполнение процессов посадки обеспечивается при установке параметров и режимов работы: угол вхождения дисков $\beta=4...6^\circ$, скорость перемещения $v=2,02...2,27$ м/с.

4. В полевых исследованиях установлено, что наилучшие показатели посадки наблюдаются при применении комбинированного сошника по сравнению со стандартным сошником картофелесажалки КСМ-4. Проведенные исследования указали на увеличение полевой всхожести клубней от комбинированного сошника на 12...13,7% в сравнении со стандартным. Фенологическими наблюдениями определено, что использование нового рабочего органа снижает общий вегетационный период развития клубней картофеля на 4 дня.

5. Экономическая эффективность использования комбинированного сошника показывает, что за счет увеличения количества произведенной продукции на 37 ц/га, при уменьшении удельного расхода топлива 0,19 кг/га, годовой экономический эффект от внедрения 4 экспериментальных комбинированных сошников составил 327135 рублей, а срок окупаемости составил 0,92 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азовцев, Н.Г. Машины для возделывания и уборки льна / Н.Г. Азовцев. - М.: Высшая школа, 1975. - 232 с.
2. Андрощук, В.С. Блок схема модели исследования «Почва - комбинированный сошник - почва» / В.С. Андрощук, В.В. Голубев, Д.М. Рула // XXVI Российская школа по проблемам науки и технологий. Краткие сообщения. — Екатеринбург, 2006. - С. 374-375.
3. Андрощук, В.С. Методика проведения лабораторных исследований комбинированной сошниковой секции при возделывании мелкосеменных культур / В.С. Андрощук, Д.М. Рула // Сб.: Научное обеспечение национального проекта «РАЗВИТИЕ АПК». - Тверь: ТГСХА, 2006. - С. 287-289.
4. Арланов, М.А. Особенности высева слабосыпучих и несыпучих семян кормовых растений / М.А. Арланов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2006. - №12. - С. 13-14.
5. Артамонов, В.А. Определение приведенного коэффициента трения при движении частиц материала по поверхности распределителя / В.А. Артамонов // Техника в сельском хозяйстве. — 2007. - №1. - С. 46.
6. Артемов, И.В. Рапс - ценная масличная и кормовая культура / И.В. Артемов, В.В. Карпачев // Достижение науки и техники АПК. - 2002. - №6. С. 46-48.
7. Астахов, В.С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В.С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1999. — №1. - С. 6-8.
8. Ахалая, Б.Х. О повышении качества высева семян / Б.Х. Ахалая // Техника в сельском хозяйстве. - 2002. - №5. - С. 14-16.
9. Баранов, И.В. Новая конструкция льняной сеялки / И.В. Баранов, В.А. Егоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2002. — №2. — С. 8-9.
10. Баранов, И.В. Селекционные сеялки для льна / И.В. Баранов, В.Ю. Молофеев // Достижения науки и техники в АПК. - 2003. - №4. - С. 23-25.

11. Бахтин, П.У. Физико-механические и технологические свойства почвы / П.У. Бахтин. -М.: Колос, 1971.-281 с.
12. Боков, Д.В. Обоснование конструкции однодискового каткового сошника / Д.В. Боков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2005. — №2. — С.30-31.
13. Боков, Д.В. Определение плотности почвы на дне борозды, образованной сошником / Д.В. Боков // Техника в сельском хозяйстве. -2004. - №5. - С. 31.
14. Бычков, В.П. Обоснование параметров делителя внутрипочвенно-разбросных сошников / В.П. Бычков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2004. - №5. - С. 25-26.
15. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почв / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. - М.: Агропромиздат, 1986. - 428 с.
16. Василенко, П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. - М.: Колос, 1960.- 278 с.
17. Василенко, П.М. Культиваторы. Конструкция, теория и расчет / П.М. Василенко, П.Т. Бабий. - Киев: УАСХН, 1961.-239 с.
18. Вахитов, Н.У. Исследование влияния конструктивных параметров сошника на процесс высева / Н.У. Вахитов // Сб.: Совершенствование конструкций сельскохозяйственной техники. - Уфа, 1988. - С. 73-77.
19. Вахитов, Н.У. Экспериментальные исследования перемешивания почвы сошниковыми системами / Н.У. Вахитов // Сб.: Совершенствование конструкций и методов повышения работоспособности с.-х. техники. - Уфа: Ульяновский СХИ, 1989. - С. 34-36.
20. Голубев, В.В. Классификация существующих конструкций сошников / В.В. Голубев, ДМ. Рула // Сб.: Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. - Брянск: БГСХА, 2006. - С. 3-7.

21. Голубев, В.В. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного сошника при возделывании мелкосеменных культур /В.В. Голубев, Д.М. Рула // Сб.: Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. - Минск: НАН Беларуси, 2007. - С. 159-163.

22. Голубев, В.В. Полевой опыт при возделывании мелкосеменных культур / В.В. Голубев, Д.М. Рула // Сб.: Стабилизация производства и развитие агропромышленного комплекса региона на основе внедрения инновационных технологий. - Тверь: ТГСХА, 2007. - С. 251-254.

23. Голубев, В.В. Технологический процесс предпосевной обработки почвы при возделывании льна - долгунца в условиях Тверского региона /В.В. Голубев, Д.М. Рула // Сб.: Высокоэффективные разработки и инновационные проекты в льняном комплексе России. - Вологда: ЦНИКАЛП, 2007. С. 128-131.

24. Голубев, В.В. Установка для проведения исследований процесса взаимодействия прикатывающих катков с почвой /В.В. Голубев, Д.М. Рула // Сб.: Проблемы социально-экономического развития села Тверской области. — Тверь: ТГСХА, 2003. - С. 200-202.

25. Горбачев, И.В. Производство семян луговых трав в Нечерноземье. Практическое руководство / И.В. Горбачев и др. М.: Колос, 1992. - 96 с.

26. Гнилomedов, В.Г. К вопросу снижения бороздообразования при работе сеялок культиваторов / В.Г. Гнилomedов // Сб.: Совершенствование конструкций сельскохозяйственной техники. — Уфа, 1988. — С. 57-61.

27. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х томах. Т. 1 / В.П. Горячкин. - М.: Колос, 1965. - 720 с.

28. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х томах. Т. 2 / В.П. Горячкин. - М.: Колос, 1965. - 459 с.

29. Гужин, И.Н. Совершенствование технологического процесса распределения семян зерновых культур с обоснованием параметров сошника для подпочвенного разбрасного посева: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Гужин Игорь Николаевич. - Пенза, 2003. - 19 с.

30. Добровольский, Г.В. Почвы СССР / Г.В. Добровольский. - М.: Мысль, 1979.-383 с.
- 31 Долгов, Б.С. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом / Б.С. Долгов, И.С. Заворотченко. - Торжок: ВНИИЛ, 1978.- 65 с.
32. Долгов, И.А. Математические методы в земледельческой механике / И.А. Долгов, Г.К. Васильев. М.: Машиностроение, 1967. - 204 с.
33. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 352 с.
34. Дроздов, В.Н. Комбинированные почвообрабатывающие посевные машины / В.Н. Дроздов. - М: Агропромиздат, 1988. - 112 с.
35. Джашаев, А-М.С. Обоснование параметров прикатывающего катка сеялки овощных культур СОР-1,2 / А-М.С. Джашаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2004. - №2. - С. 29-30.
36. Джашаев, А-М.С. Основные параметры сеялки для мелкосеменных культур / А-М.С. Джашаев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2003.-№8.-С. 40-41.
37. Драйер, Ю. Разработка сошника сеялки для прямого посева в условиях Канады, Германии, России / Ю. Драйер // Аграрная Россия - 2002. - № 6. - С. 16-18.
38. Дьяченко, Г.Н. Характеристика почвы как объекта механической обработки / Г.Н. Дьяченко, Р. Соучек // Сб.: Проектирование рабочих органов почвообрабатывающей и зерноуборочной техники. — Ростов на Дону: РИСХМ, 1985.-С. 8-20.
39. Желиговский, В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / В.А. Желиговский. - Тбилиси: Красное знамя, 1960. — 147 с.
40. Заявка №2006134268 RU, МКИ⁷ G01 N9/00, G01 N9/24. Устройство для экспресс—определения плотности почвы / В.В. Голубев, В.Ю. Романенко, Д.М. Рула.-№ 2006134268/12; заявлено 08.24.06; опублик. 27.05.08, Бюл. №15. 3 с.

41. Ивженко, С.А. Обоснование траектории движения частиц почвы, сходящей с крыла стрельчатой лапы / С.А. Ивженко // Техника в сельском хозяйстве. - 2002. - №4. - с. 32-33.

42. Ивженко, С.А. Лаповый сошник с направителем-распределителем семян / С.А. Ивженко, А.В. Перетяtko, А.М. Кунташов // Современные технологии и средства механизации в растениеводстве. - Изв. Самарской ГСХА, 2006. С. 79-81

43. Ильин, В.И. К обоснованию типа сошника для посева семян трав / В.И. Ильин // Сб.: Технологические основы механизации обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами. - Горки, 1987.-С. 56-59.

44. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. — М.: Росинформагротех, 2005. — 270 с.

45. Кабаков, Н.С. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты и машины / Н.С. Кабаков, А.И. Мордухович. - М.: Россельхоз-издат, 1984.-80 с.

46. Карев, В.С. О влиянии коэффициента трения на равномерность распределения семян виброрассеивателями сошника безрядковой сеялки / В.С. Карев // Сб.: Исследование машин и рабочих органов для возделывания и уборки сельскохозяйственных культур. - Горький, 1990. — С. 23-25.

47. Кирьянов, Д.В. Mathcad 12 / Д.В. Кирьянов. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 576 с.

48. Королёв, А.В. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по агрофизике / А.В. Королёв. - Л.: Пушкин, 1975. - 54 с.

49. Ковалев, Н.Г. Сельскохозяйственные материалы. Виды, состав, свойства / Н.Г. Ковалев, Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. - М.: ИК Родник, 1998. - 208 с.

50. Ковриков, Л.Т. Определение смещения почвы плоскорезом / Л.Т. Ковриков, А.Г. Веников // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1974. - №10. - С. 34-35.

51. Концепция машинно-технологического обеспечения растениеводства на период до 2010 года. -М.: ВИМ, 2003. - 139 с.
52. Конюхов, И.Н. Классификация сеялок, применяемых для посева мелкосеменных культур / И.Н. Конюхов, Д.М. Рула // Сб.: Достижения студенческой науки - в реализацию национального проекта «Развитие АПК». - Тверь: ТГСХА, 2006. - С. 188-190.
53. Лаврухин, П.В. Важные требования к современным посевным машинам / П.В. Лаврухин // Земледелие. - 2004. - №2. - С. 40-42.
54. Лукьянов, А.П. Испытания посевной и почвообрабатывающей техники / А.П. Лукьянов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004. - №7. - с. 33-35.
55. Любушко, Н.И. Зерновые сеялки на рубеже XXI века / Н.И. Любушко, В.Н. Зволинский // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2001. - №2.-С. 4-7.
56. Любич, В.А. Прямой посев: проблемы и решения / В.А. Любич // Техника в сельском хозяйстве. - 2000. - №4. - С. 14-16.
57. Любичич, В.Г. Сравнительные испытания посевных машин / В.Г. Любичич // Экономика сельского хозяйства. - 2003. - №4. - С. 46-48.
58. Ма, С.А. Перспективный типаж посевных машин / С.А. Ма // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 1999. -№12. - С. 22-23.
59. Ма, С.А. Стратегия развития механизации посева в XXI веке / С.А. Ма. // Труды ВИМ. - М.: ВИМ, 2000. - 131 с.
60. Ма, С.А. Техническая политика в области разработки посевной техники / С.А. Ма // Техника в сельском хозяйстве. - 1999. - №6. - С. 38-40.
61. Мазитов, Н.К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины / Н.К. Мазитов. -Казань, 2003. — 456 с.
62. Мазитов, Н.К. Российский посевной комбайн на блочно-модульной основе / Н.К. Мазитов, Ф.М. Садриев // Техника и оборудование для села. - 2005.-№5.-С. 9-11.

63. Мазитов, Н.К. Современные комбинированные почвообрабатывающие машины. Обзорная информация / Н.К. Мазитов, А.Н. Сердечный. - М.: ВНИИТЭИСХ, 1980. - 50 с.

64. Маслов, Г.Г. Качество посева озимой пшеницы зарубежными сеялками / Г.Г. Маслов, В.Н. Набавский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1999. - №10. - С. 31-32.

65. Мачнев, А.В. Движение семени при ударе о поверхность распределителя семян / А.В. Мачнев // Техника в сельском хозяйстве. - 2005. - №4. — С. 22-24.

66. Мацепуро, М.Е. Вопросы земледельческой механики. Т. XV / М.Е. Мацепуро, И.С. Нагорский. - Минск: Урожай, 1965. - 275 с.

67. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники - М.: Минсельхозпрод, 2000. - 789 с.

68. Миних, Д.Б. Теоретическое обоснование формы лобовой поверхности стойки комбинированного сошника / Д.Б. Миних // Совершенствование рабочих органов системы машин для технологических решений. ВАСХНИЛ, СибНИИСХоз, 1985. С. 6-9.

• 69. Мухин, С.П. О техническом обеспечении технологий посева мелкосеменных культур / С.П. Мухин // Техника в сельском хозяйстве. - 1996. - №6. - С. 14-17.

70. Мухин, П.С. Фермерам — новую посевную технику / Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1992. - №7. - с. 5-7.

71. Набавский, В.А. Обоснование оптимальных параметров и режима работы зерновой сеялки прямого посева / В.А. Набавский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2003. - №5. — С. 31-32.

72. Новаков, С.А. Обоснование оптимальных параметров активного распределителя семян сошника для подпочвенного разбросного посева / С.А. Новаков // Сб.: Совершенствование конструкций рабочих органов сельскохозяйственной техники. - Харьков, 1988. - С. 41-46.

73. Новицкий, А.С. Совершенствование процесса сева зерновых комбинированным сошником на базе стрельчатой лапы: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Новицкий Александр Сергеевич. - Воронеж, 2007. - 19 с.

74. Ногтиков, А.А. Развитие конструкций комбинированных рабочих органов посевных машин / А.А. Ногтиков // Достижения науки и техники в АПК. - 2002. - №1. - С. 25-27.

75. Нужный, А.Ф. Универсальная селекционная сеялка ССУ-10 / А.Ф. Нужный // Достижения науки и техники в АПК. - 2002. - №3. - С. 26-28.

76. Огрызков, Е.П. Агрэкологическое совершенствование сошников сеялок / Е.П. Огрызков, В.Е. Огрызков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1999.-№ 1.-с. 8-9.

77. Огрызков, Е.П. Новый метод распределения семян в рядах / Е.П. Огрызков // Техника в сельском хозяйстве. - 2005. - №4 - С. 48.

78. Огрызков, Е.П. Теория нового технологического процесса сошника / Е.П. Огрызков // Техника в сельском хозяйстве. - 2003. - №5. — С. 36-37.

79. ОСТ 10 5.1 - 2000. Испытание сельскохозяйственной техники, машины посевные. Методы оценки функциональных показателей. - Взамен РД 10 5.1 - 91; введ. 15.06.00. -М.: Минсельхозпрод России, 2000. - 72 с.

80. Пат. № 2329635 Российская Федерация, МКИ⁸ А 01 С 7/00. Способ посева мелкосеменных культур и комбинированный сошник для его осуществления / В.В. Голубев, Д.М. Рула, В.С. Андрощук, В.В. Сафонов; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО ТГСХА. - № 2006141305/12; заявл. 23.11.2006; опубл. 27.07.2008, Бюл. №21. - 3 с.: ил.

81. Понажев, В.П. Технология производства семян льна-долгунца / В.П. Понажев, Д.М. Труш, Е.И. Павлов. - Торжок: ВНИИЛ, 1988. - 28 с.

82. Прокопенко, П.А. Отбор образцов и изучение водно-физических, физико-механических свойств почвы. Методические рекомендации / П.А. Прокопенко. - Ставрополь: НИИГМ, 1974. - 32 с.

83. Репетов, А.Н. Исследование свекловичной сеялки ССТ-12Б на посеве подсолнечника / А.Н. Репетов, В.И. Варавин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2002. — №5. — С. 6-8.

84. Родимцев, С.А. Исследование параллелограмного механизма подвески лапового сошника / С.А. Родимцев, В.П. Пьяных // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2006. — №7. — С. 11-13.

85. Рула, Д.М. Аналитический обзор сошников, применяемых при посеве мелкосеменных культур / Д.М. Рула, В.В. Сафонов // Главный агроном. - 2007.-№9.-С. 68-69.

86. Рула, Д.М. Обоснование параметров и режимов работы комбинированного сошника при взаимодействии с почвой / Д.М. Рула, В.В. Голубев // Сб.: Стабилизация производства и развитие агропромышленного комплекса региона на основе внедрения инновационных технологий. - Тверь: ТГСХА, 2007.-С. 249-251.

87. Рула, Д.М. Определение конструктивных параметров боковин комбинированного сошника при возделывании мелкосеменных культур / Д.М. Рула, В.В. Голубев, В.С. Андрощук // Сб.: Проблемы аграрной науки и образования. 4.2. - Тверь: «АГРОСФЕРА» Тверской ГСХА, 2008. - С. 65-67.

88. Рула, Д.М. Результаты проведения полевого опыта при возделывании льна-долгунца / Д.М. Рула, Д.П. Петушков // Сб.: Проблемы аграрной науки и образования. 4.1. - Тверь: «АГРОСФЕРА» Тверской ГСХА, 2008. - С. 124-127.

89. Рула, Д.М. Совершенствование технологии формирования бороздки [Текст] / Д.М. Рула // Вестник МГАУ. Агроинженерия. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. - №1(26). - С. 90-91.

90. Рула, Д.М. Технология возделывания мелкосеменных культур / Д.М. Рула, В.В. Сафонов, В.С. Андрощук // Сб.: Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. — Брянск: БГСХА, 2006.-С. 7-11.

91. Рыков, В.Б. Обоснование параметров стойки рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.Б. Рыков, С.И. Камбулов // Сб.: Разработка

новых южнороссийских технологий и технической базы для возделывания в зоне засушливого земледелия. - ВНИПТИМЭСХ, 2006. - С. 39-48.

92. Сафонов, В.В. Методика полевых исследований прочностных свойств почвы /В.В. Сафонов, В.В. Голубев // Сб.: Актуальные проблемы аграрной науки Верхневолжья. — Тверь: ТГСХА, 2001. - С. 124-126.

93. Сергеев, И.Ф. Обоснование некоторых параметров активного сошника / И.Ф. Сергеев // Сб.: Механизация процессов в полеводстве. - Пермь, 1984. - С. 3-6.

94. Синеоков, Г.Н. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков. - М.: Машиностроение, 1965. - 312 с.

95. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. - М.: Машиностроение, 1977. - 329 с.

96. Синякова, Л.А. Интенсивные технологии возделывания полевых культур в Нечерноземной зоне / Л.А. Синякова. - Л.: Афопромиздат, 1987. - 224 с.

97. СТО АИСТ 10 4.6 - 2003. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. - введен 15.03.2004. - М.: Изд-во стандартов, 2004. - 19 с.

98. СТО АИСТ 10 5.6 - 2003. Испытание сельскохозяйственной техники. Машины посевные и посадочные. Показатели назначения. Общие требования. - введен 15.03.2004. — М.: Изд-во стандартов, 2004. — 23 с.

99. Таранов, М.А. Прогрессивные технологии и техника для посева и почвообработки / М.А. Таранов // Техника и оборудование для села. — 2005. — №4.-С. 12-16.

100. Типовые нормативно-технологические карты по производству основных видов растениеводческой продукции. М.: ООО «Экономика и право», 2004.-390 с.

101. Тогооч, Г. Результаты исследования модернизированного семераспределительного устройства лапового сошника сеялки-культиватора типа

СЗС 2,1 / Г. Тогооч // Сб.: Совершенствование технологий и машин для АПК. - М.: РИАМА, 2002. - С. 47-53.

102. Труш, М.М. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания льна-долгунца / М.М. Труш, И.П. Сергеев, А.Н. Марченков. - Торжок: ВНИИЛ, 1988. - 69 с.

103. Турецкий, Р.Л. Обратимые деформации грунта и сопротивление резалию / Р.Л. Турецкий // Сб.: Механизация почвообработки, приготовления и использования удобрений. - Минск: ЦНИИМЭСХ НЗ, 1986. - С. 23-56.

104. Шапакидзе, Э.Д. Комбинированный агрегат для обработки почвы и посева колосовых культур / Э.Д. Шапакидзе, Д.В. Натрошвили // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 2004. - №10. - С. 8-9.

105. Труш, М.М. Лен-долгунец / М.М. Труш. - М.: Колос, 1976. - 340 с.

106. Шварц, С.А. Оценка равномерности распределения семян рапса в рядке / С.А. Шварц // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2002. - №8. - С. 7-9.

107. Ширяев, А.М. Конструирование дисковыми сошниками зерновых сеялок поперечного рельефа поверхности поля / А.М. Ширяев, В.В. Кудрявцев // Сб.: Улучшение использования сельскохозяйственной техники в условиях Тверской области. - Тверь: ТГСХА, 1997. - С. 145-152.

108. Ширяев, А.М. Копирование комбинированным сошником неровностей поверхности поля / А.М. Ширяев, Н.И. Квашонкин, Н.М. Чумаков // Сб.: Почвообрабатывающие машины и динамика агрегатов. - Челябинск: ЧИМЭСХ, 1983.-С. 104-108.

109. Шпаар, Д.И. Рапс. Учебно-практическое руководство по выращиванию / Д.И. Шпаар - Минск: Урожай, 1998. - 206 с.

110. Хабрат, Н.И. Сеялка льняная селекционная: конструкция и результаты испытаний / Н.И. Хабрат // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1995.-№9.-С. 30-31.

111. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. - М.: Колос, 1984. - 174 с.

112. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. М.: КолосС, 2006. - 623 с.
113. Landmaschinenlehre. Garefe und Maschinen der Pflanztnproduktion. / G. Kuhn. - Berlin: Tehnik, 1986. - 434 s.
114. Erfahrunen mir nenen Wepkzendkombinationen fur Saattbereitung / Feld wirschaft, 19 Yg. - 1978. EVP1.50. - S. 9-13.
115. Die Saattbettkomlination B 610. DDR. - Landtehnische Information, 1983. -№3.- S. 37-56.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1 – План матрица ПФЭ №1 типа 3³ проведения лабораторных исследований комбинированного сошника

Факторы	Натуральное обозначение	Кодовое обозначение	Единица варьирования	Уровни варьирования					
				Натуральное			Кодовое		
				нижний	нулевой	верхний	нижний	нулевой	верхний
Скорость перемещения сошника V, м/с.	A	X ₁	0,28	1,66	1,94	2,22	-1	0	+1
Угол вхождения сошника в почву β, град.	D	X ₂	1	4	5	6	-1	0	+1
Дополнительная нагрузка P _{доп} , Г.	E	X ₃	500	0	500	1000	-1	0	+1

Таблица 2 – План-матрица ПФЭ №2 типа 3³ проведения лабораторных исследований комбинированного сошника

Факторы	Натуральное обозначение	Кодовое обозначение	Единица варьирования	Уровни варьирования					
				Натуральное			Кодовое		
				нижний	нулевой	верхний	нижний	нулевой	верхний
Скорость перемещения сошника V, м/с.	A	X ₁	0,28	1,66	1,94	2,22	-1	0	+1
Высота боковин h _б , мм.	F	X ₄	2	6	8	10		0	+1
Угол основания трапеции α, град.	G	X ₅	5	45	50	55	-1	0	+1