

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени И. Т. ТРУБИЛИНА»



На правах рукописи

ЕВГЛЕВСКИЙ Роман Олегович

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА
С ОДНОВРЕМЕННЫМ ВНЕСЕНИЕМ ОСНОВНОЙ
ДОЗЫ УДОБРЕНИЙ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор Маслов Г. Г.

Краснодар, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР	9
1.1 Анализ средств механизации для посева зерновыми сеялками, посевными комплексами, комбинированными агрегатами.....	9
1.2 Агротехнические требования к посеву зерновых колосовых культур	30
1.3 Анализ современных теоретических разработок по проблеме механизации посева колосовых зерновых культур	37
1.4 Выводы.....	43
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ.....	46
2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы МПА и способы посева зерновых культур с внесением удобрений и рациональным прикатыванием.....	46
2.2 Оптимизация параметров и режимов работы МПА для посева зерновых культур с внесением основного и припосевного удобрения и прикатыванием спирально-винтовым катком	52
2.3 Выводы.....	56
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	58
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	58
3.2 Методики проведения экспериментальных исследований. Оборудование, приборы и аппаратура, применяемые в исследованиях.....	67
3.3 Выводы	93

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	94
4.1 Оптимальные параметры и режимы работы многофункционального посевного агрегата (МПА)	94
4.2 Влияние предлагаемого МПА на урожай озимой пшеницы	99
4.3 Экономическая эффективность результатов исследований	104
4.4 Выводы	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	113
ПРИЛОЖЕНИЕ	125

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Повышение конкурентоспособности продукции растениеводства возможно в основном за счет интенсификации, предусматривающей рост урожайности возделываемых культур, рационального использования удобрений, внедрения новых сортов и улучшения технологий возделывания. Одной из наиболее значимых технологических операций при возделывании зерновых культур является посев [88]. К сожалению, применяемые технологии возделывания, как в нашей стране, так и за рубежом не отвечают современным требованиям интенсификации, и должны быть пересмотрены [64, 71, 32, 37, 101]. Это относится и к посеву зерновых колосовых культур, где требуется раздельное внесение семян и основного удобрения, качественное прикатывание и сохранение влаги. Посевные машины должны выдерживать равномерную глубину заделки семян и удобрений, создавать оптимальную плотность почвы в посевном слое и укрывать прикатанный слой рыхлой почвой и вынесении на поверхность пожнивными остатками и сорняками.

Применяемые в настоящее время кольчато-шпоровые катки для прикатывания посевов не выполняют агротребования [49, 118, 50]. Они не позволяют в достаточном объеме уплотнить почву по всей поверхности поля, а также ее выравнять. Конструкция этих катков не обеспечивает прикатывание почвы. Пласт обработанной почвы не имеет четкого разграничения плотного и рыхлого слоя, которое могло бы предотвратить испарение влаги. После очагового уплотнения вследствие оседания почва снова становится неровной. По данным исследований 30–70 % обработанной почвы кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А остается неприкатанной, что отрицательно сказывается на урожае. Прикатывающие катки в посевных комплексах не обеспечивают прикатывание и выравнивание почвы по всей ширине захвата агрегата, а только в рядах или засеянной полосе. Применяемые технологии посева имеют также недостаток при внесении основного удобрения под основную обработку почвы. Если это выполняется под вспашку, то удобрения

вносятся с нарушением требований системы земледелия [8], так как фосфор должен вноситься на дно в борозды, а калий и азот – по всему обрабатываемому слою. Перечисленные недостатки свидетельствуют о высокой актуальности темы диссертации и необходимости совершенствования технологии посева пшеницы предлагаемым многофункциональным посевным агрегатом (МПА). Таким образом, цель работы – повысить эффективность процесса посева озимой пшеницы путем оптимизации параметров и режимов работы многофункционального агрегата.

Степень разработанности темы. Вопросам совершенствования рабочих органов посевных машин и технологий посева посвящены труды академиков Г. М. Бузенкова, А. Н. Карпенко, В. М. Кряжкова, В. П. Горячкина, Е. В. Демчук, А. Ф. Кондратова, А. Д. Логина, С. П. Горбачева и др. Работы многих специалистов машиностроительных заводов были направлены на создание посевных комплексов, совмещающих технологические операции посева зерновых колосовых культур, внесения удобрений и прикатывания различными конструкциями катков, где наиболее эффективным оказался спирально-винтовой. Вместе с тем остались не затронутыми вопросы качественного внесения основного и припосевного удобрения с одновременным посевом колосовых и прикатыванием в соответствии с требованиями системы земледелия, когда малоподвижные формы как фосфор должны вноситься в нижние слои почвы в зону будущей корневой системы в фазе колошения и созревания, когда растения в них особенно нуждаются.

Рабочая гипотеза. Качество работы МПА при заделке основного удобрения на 16–18 см обеспечивается норальниковыми сошниками одновременно с высевом двумя дисковыми сошниками семян и стартовой доз удобрений на глубину 4–6 см, а равномерность плотности прикатанного слоя почвы 1,1–1,25 г/см³ с созданием над ним мульчирующего влагосберегающего слоя толщиной до 3 см и вычёсыванием пожнивных остатков на поверхность – спирально-винтовым катком диаметром 0,450 мм, удельной массой 86,4 кг/м.

Цель работы – повысить эффективность процесса посева озимой пшеницы путем оптимизации параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата.

Объект исследования. Технологический процесс высева зерновых колосовых культур с одновременным внесением основного и припосевного удобрения и влагосберегающим прикатыванием.

Предмет исследования. Закономерность процесса посева зерновых с одновременным внесением основного и припосевного удобрений и влагосберегающим прикатыванием.

Задачи исследования.

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему многофункционального агрегата (МПА) и способ посева зерновых колосовых с внесением удобрений и влагосберегающим прикатыванием.

2. Разработать математическую модель процесса работы агрегата и алгоритм оптимизации его параметров и режимов работы МПА.

3. С использованием планирования эксперимента оптимизировать параметры и режим работы прикатывающего спирально-винтового катка.

4. Разработать методику инженерного расчета основных характеристик МПА.

5. Определить экономическую эффективность результатов исследований.

Методика исследования. Теоретические исследования выполнены с использованием основных законов, положений и методов классической механики и математики. Экспериментальные исследования выполнены в полевых условиях в соответствии с общепринятыми методиками, действующими ГОСТами и ОСТами. В ходе исследований использовались динамометрирование машин, теория планирования многофакторного эксперимента. Обработка экспериментальных данных выполнялась с использованием методов математической статистики и компьютерных программ Statistica и Mathcad.

Научная новизна.

1. Обоснован способ посева зерновых колосовых культур с одновременным внесением основного и припосевного удобрений и влагосберегающим прикатыванием.

2. Получены зависимости удельного тягового сопротивления МПА и создаваемой плотности почвы от условий и режимов работы.

3. Составлено уравнение регрессии плотности прикатанной почвы в зависимости от действующих факторов.

4. Представлена математическая модель и алгоритм оптимизации параметров и режимов работы МПА.

5. Составлена методика инженерного расчета основных характеристик МПА по результатам теоретических и экспериментальных исследований.

6. Обоснована экономическая эффективность результатов исследований технологии посева колосовых культур.

Новизна технических решений подтверждена двумя патентами РФ на полезные модели и одним на изобретение.

Практическая значимость работы. Разработан макетный образец многофункционального посевного агрегата для посева зерновых колосовых культур с одновременным внесением основного и припосевного удобрения и влагосберегающим прикатыванием, сберегающим влагу и обеспечивающим дружные всходы. Обоснованы оптимальные параметры и режимы работы катка и агрегата. Полевыми испытаниями агрегата подтверждена прибавка урожая озимой пшеницы. Технология посева колосовых культур на базе предлагаемого МПА по сравнению с базовой имеет существенные преимущества по всем технико-экономическим показателям.

Достоверность теоретических исследований подтверждается результатами производственной проверки агрегата.

Реализация и внедрение результатов исследований. Макетный образец МПА внедрен в учхозе «Кубань» Кубанского ГАУ на посевах пшеницы по предшественнику люцерна и в фермерском хозяйстве.

Апробация работы. Основные положения и результаты доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных научных конференциях Кубанского ГАУ (2017–2019 гг.), статьи опубликованы в трудах из перечня ВАК, две статьи в журналах Veb of Science, в журнале базы данных РИНЦ, три тезиса докладов были опубликованы в материалах международных, научно-практических конференций, одна – в каталоге инновационных проектов 2019 (г. Краснодар, Кубанский ГАУ. Инновационная технология посева озимой пшеницы.)

Публикации. По материалам научно-квалификационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 5 в журналах, 4 – в сборниках трудов, две статьи в библиографической и рефератной базе данных Veb of Science, патент РФ на полезную модель и два – на изображении.

На защиту выносятся:

1. Конструктивно-технологическая схема и многофункционального агрегата (МПА) способ посева пшеницы с одновременным внесением стартового и основного удобрения и влагосберегающим прикатыванием.
2. Математическая модель процесса работы МПА, оптимальные и режимные параметры спирально-винтового катка к МПА.
3. Зависимости критериев оптимизации от параметров спирально-винтового катка и МПА.
4. Зависимости удельного тягового сопротивления МПА и создаваемой плотности почвы от условий и режимов работы.
5. Методика инженерного расчета основных характеристик МПА.
6. Экономическая эффективность результатов исследований

1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕХАНИЗАЦИИ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ КУЛЬТУР

Выращивание пшеницы во все времена являлось стратегическим направлением сельского хозяйства. Получение хороших показателей урожайности напрямую зависит от соблюдения всех оптимальных параметров при посеве. В нашем регионе наиболее распространены посев озимой пшеницы тремя средствами механизации: зерновыми сеялками, посевными комплексами, комбинированными посевными агрегатами.

Зерновая сеялка – предназначена для посева различных зерновых колосовых культур и трав [88, 97, 100, 101 и др.].

С ее помощью можно осуществлять посев зерновых, фуражных, бобовых культур, а также семян трав. Для более эффективного использования сеялок необходима тщательная подготовка и выравнивание полей до посева и прикатывание после посева различными машинами. Могут быть использованы комбинированные агрегаты для решения комплекса задач, к примеру, одновременного высева семян, внесения минеральных удобрений для повышения урожая и прикатывания.

Основой дальнейшего совершенствования технологических процессов и обоснования параметров энергосберегающих посевных комплексов являются теоретические и экспериментальные исследования: В. П. Горячкина, В. А. Желиговского, М. Е. Мацепуро, С. М. Бузенкова, А. Н. Карпенко, А. А. Зеленева, А. П. Грибановского, В. В. Труфанова, М. Е. Сабликова, В. Г. Минеева, А. И. Дементьева и многих других авторов [14, 45, 49–50, 71, 74, 54, 62, 29, 35, 36, 40]. В этих работах обоснованы технологические требования к техническим средствам посева сельскохозяйственных культур и внесения удобрений и прикатывания.

1.1 Анализ средств механизации для посева зерновыми сеялками, посевными комплексами, комбинированными агрегатами

В этом разделе проанализированы все виды технических средств, которые выполняют посев, соблюдая агротехнические требования.

Универсальная прицепная сеялка СЗ-3,6А [51]

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускается большая номенклатура технических средств для высевания зерновых колосовых и других сельскохозяйственных культур. В соответствии с требованиями научно обоснованной системы земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе посев должен выполняться с внесением стартовой дозы минеральных удобрений. Для этого техника для посева оборудована специальными приспособлениями. Главное требование, предъявляемое к этим приспособлениям, состоит в том, чтобы стартовые туки заделывались на 1,5–2 см ниже семян и эта прослойка почвы должна иметь оптимальную плотность, не превышающую $1,3 \text{ г/см}^3$.

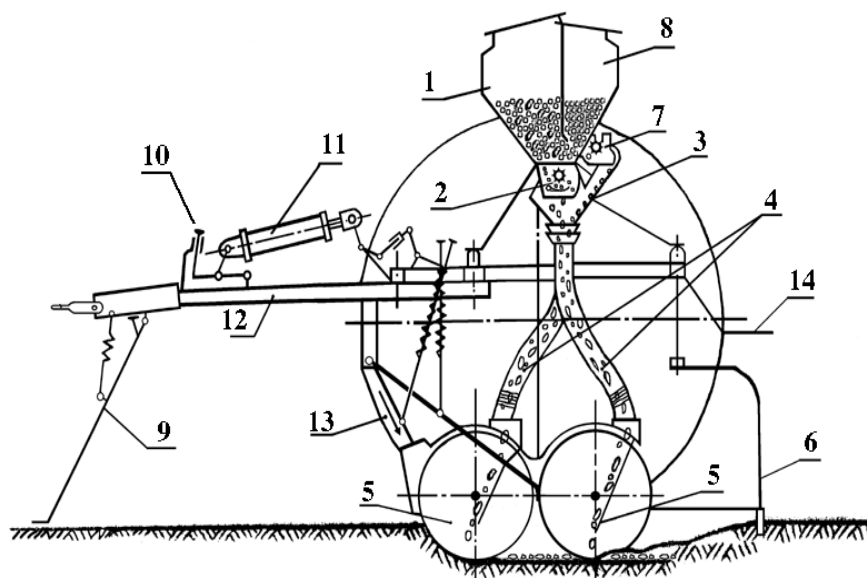


Рисунок 1.1 – Структурная схема зерновой сеялки СЗ-3,6А [51]

Рабочий процесс каждой высевальной машины направлен не только на равномерную по глубине заделку семян и удобрений. Механизмы сеялки

должны не допускать травмирования семян, особенно повреждение зародыша, строго соблюдать дозу удобрений и норму высева семян, при этом каждый высевающий аппарат должен высевать одинаковую норму не превышающую три процента от установленной. Механизм регулировки нормы высева семян и удобрений конструктивно обоснован и машины для высева семян и удобрений качественно выполняют этот процесс. Некоторую особенность имеет настройка сеялок при закладке смешанных посевов, т. е. когда одновременно высевается несколько сельскохозяйственных культур. Например, когда одновременно с зерновыми культурами под покров высевают кормовые культуры (люцерну, эспарцет и др.). Это вносит свои особенности в конструкцию семенного ящика с необходимыми перегородками, задвижками, семепроводами, сошниками, а также механизмом привода рабочих органов (соединительные муфты, передаточные валы, звездочки, цепные передачи и пр.).

Важным требованием к посевным машинам следует отнести их надежность, долговечность и универсальность. Это накладывает особенность на конструкционные материалы, качество изготовления деталей и грамотную эксплуатацию машин.

Применяемые на производстве зерновые сеялки приспособлены к агрегатированию различными энергосредствами. Наиболее распространена ширина захвата 3,6 м; 5,4; 10,8 м. Зарубежные посевные агрегаты имеют захват 4–6–12 м, а некоторые агрегаты – до 36 м. Это повышает производительность труда, способствует выполнению посевных работ в оптимальные сроки и повышению рентабельности сельскохозяйственных предприятий.

В зависимости от зональных особенностей регионов страны конструкции машин претерпевают свои особенности: учитывают рельеф, переувлажнение почв, размеры, изрезанность полей, пересеченную местность. В любых условиях они должны обеспечивать строгое выполнение агротребований и высокую производительность.

Производитель изготавливает образец зерно-прессовой сеялки в двух вариантах, где первый вид с двухдисковыми сошниками на 4-х опорно-приводных колесах, а у второго добавляются прикатывающие катки. К сожалению не все из них выполняют агротребования. Подобрать наиболее рациональную конструкцию входит в наши задачи по МПА.

Усть-Лабинский торговый дом «Подшипникмаш» производит и широко внедряет в нашем крае прогрессивную технику для АПК. Она способствует внедрению ресурсосберегающих технологий, которые не только обеспечивают рост конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий, но и сохраняют и преумножают плодородие почвы. Совмещение технологических операций, нулевая технология, многофункциональные машинные агрегаты, система параллельного вождения агрегатов, элементы точного земледелия – вот далеко не полный круг проблем, решаемых указанным торговым домом. Следует отметить высокую надежность поставляемых машин для посева на весь срок своей службы. Глубина заделки семян регулируется съемными ребордами на 2,5 и 4 см, либо прикатывающими колесами в диапазоне 2–9 см.

Вертикальный ход сошника составляет 35 см, точно повторяя профиль поля.

Шведская фирма Vaderstad хорошо зарекомендовала себя своими техникой и технологиями. Созданные ею сельскохозяйственные машины отличаются высокой надежностью и качеством работы. В любой продаваемой конструкции глубоко продуманы динамика агрегата, рациональное распределение массы машины на опорные колеса и перенос ее с ходовых колес на рабочие органы машины. Удачно решена автоматизация регулировки качественных показателей работы агрегата: стабильной глубины хода рабочих органов плугов, борон, сеялок и т. п.

Надежность некоторых рабочих органов машин обеспечивает рост производительности, а долговечность отдельных рабочих органов рассчитана на весь срок службы. Проблема переезда с поля на поле и по дорогам общего

назначения решена боковым агрегатированием машины с большой шириной захвата. Четко обозначены габариты техники в транспортном положении, продуман клиренс рабочих машин. Для работы в темное время суток продумано удобное освещение агрегата с соблюдением всех норм охраны труда. Все машины фирмы предназначены для работы на высоких рабочих скоростях, по различным почвенным фонам и под разные технологии обработки почвы и посева.

Сеялка 5200 занимает уверенные позиции в сельскохозяйственных предприятиях России и стран СНГ, данная сеялка обеспечивает качественный посев в условиях традиционной и минимальной технологии возделывания. Благодаря складывающейся раме, модель 5200 имеет хорошие транспортные габариты, что в свою очередь снижает затраты на ее использование. Вместительный бункер для семян и удобрений обеспечивает эффективную работу.

Сошники PRO серии помещают семена на заданную глубину и обеспечивают надлежащий контакт семян с почвой и дружные всходы. Сеялки стерневые 5200 NT обеспечивают высокое качество посева при наличии пожнивных остатков. Передний колтер, благодаря гидравлическому давлению тракторов, разрезает стерню для сошников PRO серии.

С помощью сошников закладка семян и удобрений производится на заданную глубину, обеспечивается надлежащий контакт семян с почвой и дружные всходы.

Компанией KRAUSE постоянно проводятся исследования процессов посева для разработки оптимального посевного оборудования. Сеялка 5200 NT (рисунки 1.2, 1.3) имеет много преимуществ, которые выгодно отличают ее от своих конкурентов, но технология посева требует доработки для получения наивысшей урожайности.



Рисунок 1.2 – Общий вид зерновой механической сеялки KRAUSE 5200 NT



Рисунок 1.3 – Общий вид сеялки 5200 NT в работе (вид сзади)

В таблице 1.1 приведены техническая характеристика KRAUSE 5200 NT.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика KRAUSE 5200 NT

Параметры	Значение
Рабочая ширина, м	4,57
Масса, кг	4086
Емкость бункера, л	1691
Междурядье, см	19
Количество сошников, шт.	24
Рабочая скорость, км/ч	10–12
Глубина заделки семян, см	0–10
Транспортная ширина, м	4,6
Высота, м	2,21–3,15
Мощность трактора, л. с.	160

Анализ средств механизации для посева посевными комплексами

В нашей стране и за рубежом все большее применение на посевах находят посевные комплексы. Они имеют самую различную комплектацию емкостей для высеваемых материалов в сочетании с рабочими органами для их заделки в почву. Различаются они также шириной захвата, требуемой мощностью двигателя энергосредства, размером ходовых колес, шириной колеи, количеством отсеков в бункерах и их объемами. Часто бункер крепится на раме вместе с рабочими органами, иногда почвообрабатывающая и высев-

ющая система отделены от емкостей для семян и удобрений. Но последняя компоновка не совсем удачная, так как тяжелый бункер оставляет за собой глубокую колею, по которой некачественно заделываются семена, что приводит к снижению урожая. Много нареканий производителей имеет место по разбросным сошникам в виде культиваторных стрелчатых лап. При работе по влажной почве они не обеспечивают требуемой равномерности по глубине заделки семян, а по сухой твердой почве выглубляются. Кроме того, когда при работе стрелчатого сошника лезвия лап не занимают горизонтальное положение, неравномерность глубины усугубляется: по центру лапы – глубже, по краям – мельче.

Расчет специалистов на универсальность посевных комплексов и возможность раздельного применения почвообрабатывающей системы от посевной не оправдался. Угол крошения культиваторных лап и подвеска к раме не всегда подходит для качественной предпосевной культивации, учитывая почвенные условия. Для внесения минеральных удобрений посевные комплексы также не в полной мере отвечают требованиям системы земледелия. Дело в том, что основное удобрение под вспашку необходимо вносить на разную глубину в зависимости от вида туков: азотные и калийные удобрения должны перемешиваться по всему пахотному слою, а фосфорные – обязательно должны заделываться на дно борозды, что снижает их расход и повышает урожай. Культиваторная система в составе посевного комплекса такую технологию выдержать не может.

Аналогичные недостатки присущи и посевному комплексу «Агромастер 8500». Особенно затруднено его использование по беспашотной технологии.

На машинно-технологических станциях Краснодарского края и России успешно эксплуатируются несколько десятков зарубежных посевных комплексов, которые имеют преимущества по принципу работы с зерновыми сеялками, но они также требуют совершенствования.

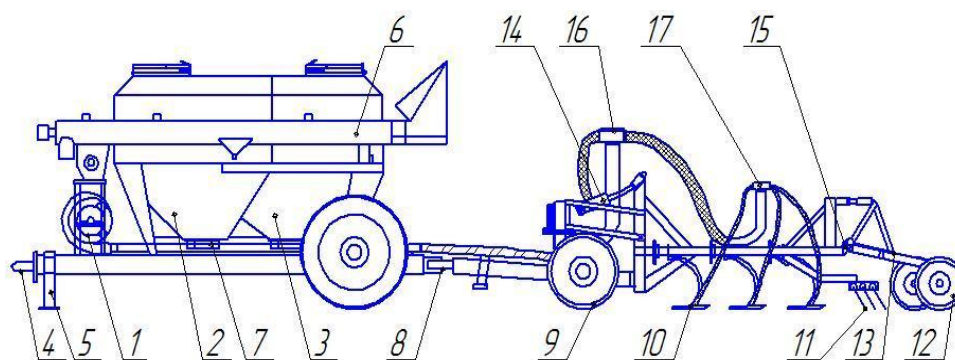


Рисунок 1.4 – Конструктивно-технологическая схема посевного комплекса «Агромастер 8500»:

- 1 – двигатель с вентилятором; 2 – бункер зерна; 3 – бункер удобрений;
 4, 8 – дышло; 5 – передняя опора; 6 – шнек загрузочный;
 7 – дозирующий аппарат; 9 – опорное колесо; 10 – сошник; 11 – борона;
 12 – опорно-прикатывающие колеса; 13 – балансирующая подвеска;
 14, 15 – подъемные гидроцилиндры; 16 – главный распределитель;
 17 – распределитель вторичный

В таблице 1.2 приведены технические характеристики посевных комплексов «Агромастер».

Таблица 1.2 – Техническая характеристика посевных комплексов «Агромастер»

Характеристики	ПК «Агромастер 9800»	ПК «Агромастер 8500»
Ширина захвата, м	9,8	8,5
Рабочая скорость, км/ч	12	
Производительность, га/ч	12	10
Емкость бункера (зерно/удобр.), т	3,5/2,4	
Агрегируется с трактором	К-701, К-744	К-700, УЭС «Полесье»
Транспортная ширина, м	6,05	
Масса эксплуатационная, кг	10600	10100

Большое распространение и признание в последнее время получают отечественные посевные комплексы и агрегаты:

Посевной комплекс «Кузбасс» – уникальный для России образец сельхозтехники нового поколения от компании «Агро». Сочетание культиватора и пневмосеялки в одном агрегате позволяет за один проход взрыхлять, засеивать и выравнивать почву без предварительной вспашки. За один проход по полю посевной комплекс «Кузбасс» выполняет весь комплекс полевых работ:

предпосевную культивацию, боронование, посев, внесение удобрений, прикатывание, выравнивание почвы.



Рисунок 1.5 – Общий вид посевного комплекса ПК-8,5 «Кузбасс»
(ОАО «Агро» г. Кемерово)

Такая комбинация, позволяет сократить число проходов агрегатов по полю, а также ликвидировать временной разрыв между операциями предпосевной подготовки почвы и посева, характерный для традиционной технологии возделывания, тем самым, сводя к минимуму потери влаги и обеспечивая выполнение вышеуказанных операций в оптимальные агротехнические сроки.

Посевной комплекс ПК-8,5 «Кузбасс» имеет также недостатки, как и описанные выше. К тому же бункер для высеваемых материалов у него размещен за сеялкой, при этом каленя от четырех опорных колес бункера, проходя по засеянным рядкам приводит к нарушению равномерности глубины и дружности всходов, а это ведет к снижению урожая. Хотя этот на этот комплекс есть положительные отзывы фермеров, использующих на практике комплексы ПК-8,5 «Кузбасс», все же он не лишен тех недостатков, которые мешают высокому качеству посева, получению дружных всходов и продуктивному развитию растений. Недостатки посевного комплекса ПК-8,5 «Кузбасс» учтены нами при разработке своего посевного агрегата с разноуровне-

вой заделкой стартового и основного удобрений, который предусмотрен согласно нашему патенту № 178335 на полезную модель.

В научных публикациях по примененной технологии посева зерновых культур подчеркивается, что она уже исчерпала свои возможности и требует совершенствования с целью дальнейшего повышения урожайности и снижения всех видов затрат: энергетических, денежных, трудовых. Решение этих задач возможно за счет механизации процесса посева с одновременным внесением стартового и основного удобрения. Такого оборудования еще не существует. Основное удобрение вносится под основную обработку однооперационными машинами: вначале разбрасыватели удобрений рассеивают их по полю, затем почвообрабатывающие орудия заделывают их в почву. Неизбежен разрыв во времени между внесением и заделкой, что ведет к испарению туков и снижению эффекта от удобрений. К тому же требуется трактор и машина для внесения, что требует дополнительных затрат. Устранить этот недостаток входит в задачи наших исследований.

Еще одним нарушением применяемой технологии посева является раздельное выполнение операций посева и прикатывания семян.

Широко применяются на прикатывании посевов зерновых культур различные конструкции катков, из которых наиболее распространены кольчато-шпоровые и кольчато-зубчатые. Назначение прикатывания посевов состоит в том, чтобы разрушить крупные комки, выровнять поверхность поля и обеспечить приток влаги к семенам из нижних горизонтов почвы. К сожалению, широко применяемые на практике катки ЗККШ-6А не выполняют агротребований по равномерности плотности прикатанной почвы и по результатам многих исследований до 50–70 % почвы, обработанной катками ЗККШ-6А остается неприкатанной, что отражается на недоборе урожая.

В этой связи в задачи наших исследований входит обоснование выбора конструкции катка для влагосберегающего и равномерного прикатывания посевов. Влагосберегающим прикатыванием мы назвали его потому, что применяемые катки, обеспечивая приток влаги из нижних слоев почвы к се-

менам не разрушают капилляры над семенами и влага, пройдя семена, по капиллярам уходит в атмосферу, т. е. теряется. Такие влагосберегающие катки, которые уплотняя почву, разрушают капилляры в верхней части над семенами, известны, но пока не применяются по своему прямому назначению. В составе нашего агрегата они крайне необходимы.

Альтернативы дальнейшему сокращению затрат и роста производительности труда не существует как в области обработки почвы и посева, так и в совершенствовании других технологий. К сожалению, сомеренные научные разработки в этой области, как показывает анализ публикаций, обеспечивают на практике рост эффективности, не превышающий 20 %. Нужны новые прорывные разработки коренным образом совершенствующие технологию и средства механизации. Так, в успешном решении проблемы обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур может быть создание и внедрение многофункциональных машинных агрегатов, высокая эффективность которых обеспечивается выполнением без разрыва по времени нескольких видов сельскохозяйственных работ за один проход по полю. За последние годы в науке мало разработок, посвященных многофункциональным агрегатам, раскрытию новых знаний и закономерностей в природе, связанных с внедрением. В своей работе по предлагаемому многофункциональному агрегату мы попытались раскрыть некоторые из них.

Наиболее динамичное развитие науки в сельском хозяйстве получают технологии производства ее продукции и средства механизации. Можно привести примеры прогресса в создании новых энергосредства для села, комбинированных агрегатов и комплексов, принципиально новых подходов к заделке жидких удобрений в почву, технологий уборки многих сельскохозяйственных культур. За счет этого растет производительность труда, снижаются затраты, развивается экономика.

В текущем году в связи с небывалым повышением цен на энергосистемы, особенно на газ, резко обострилась проблема энергосбережения. Актуальна она и для Агропромышленного комплекса страны, который давая 30 %

национального продукта, потребляет 12 % топливно-энергетических ресурсов. В системе мероприятий по энергосбережению, актуальность которой с каждым годом будет возрастать, уже на стадии разработки новых технологий и машин должны предусматриваться условия надежного и эффективного ресурсосбережения с низкой энергоемкостью и высокой экономичностью. Должны оперативно использоваться последние научные разработки агрономической науки по обработке почвы, посеву сельскохозяйственных культур, применению удобрений, уходу за посевами. Учитывая изложенное, в нашей работе будет проведена оценка энергоемкости изучаемых процессов, выполняемых МПА и экономии энергозатрат.

Таким образом, можно сделать вывод, что на данном этапе развития сельского хозяйства применяемая техника, в основном, обеспечивает обработку почвы и посевов сельскохозяйственных культур с получением приемлемых урожаев, однако высокая энергоемкость многих технологических процессов, неполное выполнение агротехнических и экологических требований не позволяют получить полную отдачу от вкладываемых ресурсов. По нашей проблеме совершенствования технологии посева зерновых культур с одновременным внесением удобрений и влагосберегающим прикатыванием необходимо повысить качество этих работ и снизить затраты.

Посевной комплекс ПК-8,5 «Кузбасс» производит за один проход по полю весь комплекс операций, которые необходимо проводить при посеве что имеет существенное преимущество, но технология посева должна быть доработана, чтобы добиться существенной прибавки урожайности и снижения затрат при посеве и вывести данный комплекс на более высокий технический уровень, что и входит в задачи наших исследований.

На данный момент существуют два похожих комплекса: «Кузбасс» и «Агромастер». Агрегаты кемеровского производства отлично зарекомендовали себя на полях России, второй выделяется более низкой стоимостью. По отзывам фермеров, «Кузбасс» более экономичен и прост в обслуживании, благодаря дизельному мотору. У некоторых комплексов обоих производителей

лей наблюдаются проблемы с контролем высева при работе на слишком малых или слишком высоких (не штатных) скоростях. Также при повышенной скорости и высокой влажности семян (и удобрений) может наблюдаться недосев: материал не успевает засыпаться в дозатор. Это последствие неправильной эксплуатации ПК и не является минусом агрегата. Согласно мнению фермеров, в целом посевной комплекс «Кузбасс» по качеству сева не уступает импортным моделям John Deere, Morris и другим. Данная система может послужить аналогом новых эффективных агротехнических технологий в Российской Федерации, но с учетом наших разработок [55–61].

Новая широкозахватная пневматическая сеялка модели 1890 No-Till с однодисковыми сошниками. Предназначена для высева зерновых, крупяных, зернобобовых, масличных культур, а также трав по минимальным и нулевым технологиям с одновременным внесением удобрений. Данная модификация посевного комплекса позволяет помещать семена и стартовое удобрение в одну борозду и позволяет произвести посев одновременно за один проход посевного комплекса, что снижает затраты.



Рисунок 1.6 – Общий вид посевного комплекса John Deere 1890

Пневматическая сеялка 1890 – это эффективное орудие для посева по нулевой технологии. Ее отличительная особенность – это качественный сошник, который был разработан для сложных условий нулевой технологии.

Устойчивый к износу цельнометаллический высевающий башмак обеспечивает постоянную глубину заделки семян, а также не препятствует прохождению пожнивных остатков.

Рядковые прикатывающие катки осуществляют точное прикатывание полосы семян, и оставляют взрыхленную почву в междурядье, что улучшает водно-воздушный обмен и ухудшает условия прорастания семян сорняков. Литое заделывающее колесо $2,5 \times 30,4$ см идет позади прикатывающего колеса. Заделывающее колесо может быть отрегулировано по верху борозды или сбоку от нее.

Преимущества пневматической сеялки 1890 No-Till

Меньшее количество проходов по полю, экономия энергоресурсов (топливо, ресурс работы техники).

Обеспечение точного повторения контуров земной поверхности плавающая сцепка работает в сочетании с активной гидравлической системой.

Обеспечение равномерной глубины высева и качественной обработки почвы за счет применения на сошнике заделывающего колеса и гидравлической системы актового заглубления сошников.

Пневматическая сеялка 1890 No-Till имеет сложную конструкцию что является значительным недостатком. Простой посевного агрегата влечет за собой увеличение затрат и снижение эффективности. В целом No-Till позволяет значительно сократить затраты на посев, что повышает его эффективность, но широкое применение нулевой технологии в нашем крае ограничено с учетом подтипов почвы [88].

Интерес представляемый посевной комплекс Германской фирмы Амазоне (рисунок 1.7) с прицепной сеялкой Citan EDrive [17].

Однако, обеспечивая высокую надежность в работе, качество и производительность, агрегат «Амазоне» не пригоден в засушливых районах с малым



Рисунок 1.7 – Общий вид посевного комплекса с сеялкой Citan EDrive

количеством осадков. Прикатывающий каток в виде колес с шинами атмосферного давления обеспечивает индивидуальное прикатывание каждого засеянного рядка, а междурядье остается неприкатанным. Кроме верхнего слоя почвы на прикатанном с семенами не разрушает капилляры, по которым влага уходит из семенного ложа и снижает урожай. Это необходимо учитывать при создании новых машин.

Более удачная конструкция посевного комплекса в наших отечественных образцах «Агромастер» и ПК-8,5 «Кузбасс». В последнем обеспечивается раздельное внесение в почву семян и удобрений (жидких и твердых), прикатывание посевов спирально-винтовым ротором. Один только недостаток – не предусмотрено внесение стартовой дозы удобрений, вместе с семенами и основное удобрение на глубину 14–16 см. Устранение этого недостатка входит в задачи наших исследований, который будет учтен при разработке конструктивно-технологической схемы предлагаемого многофункционального посевного агрегата (МФА).

Применение спирально-винтового катка в составе МФА очень ценно с точки зрения сохранения влаги в посевном ложе, так как он обеспечивает разрушение капилляров над прикатанным слоем и выше его на 2–3 см.

Отечественным сельхозмашиностроением предложено около пятнадцати различных конструкций и сочетаний спирально-винтовых катков (рису-

нок 1.8): а) спиральный каток с диаметром от 300 до 500 мм со спиралью из квадрата 25×25 мм и 16×16 мм; б) планчатый каток диаметром от 300 до 420 мм с полосой 60×12 мм или 40×10 мм; в) планчато-спиральный с диаметром 300 и 400 мм и полосой 40×8мм или 40×10 мм; г) кольчатый каток от 440 мм до 550 из трубы 325–425 мм с толщиной стенки 10 мм; д) зубчатый каток диаметром 400 мм с высокими зубьями для крошения глыб и выравнивания почвы; е) резиновый каток диаметром 580 мм; ж) швелерные (Ш) и тавровые (Т) катки; з) сочетание спирального 400 мм и планчато-спирального по 300 мм; к) сочетание планчатых катков по 300 мм в диаметре; л) сочетание планчато-спиральных катков по 300 мм в диаметре.



а



б

Резиновый каток



в

Каток двойной
Ф400 мм + Ф300 мм



г

Каток двойной
Ф300 мм + Ф300 мм



д

Рисунок 1.8 – Общий вид различных конструкций прикатывающих катков

Все представленные разновидности прикатывающих катков необходимы для качественного уплотнения почвы в семенном ложе, выравнивания поверхности поля и применяются в зависимости от способа обработки почвы и решаемых задач.

Например, спирально-винтовые катки (рисунок 1.8, а) должны применяться, на наш взгляд, для уплотнения семенного ложа в составе посевного агрегата. Кроме создания оптимальной плотности почвы спирали катка вычесывают сорняки и пожнивные остатки из семенного ложа на поверхность, и разрушают скважность капилляров над уплотненным слоем с семенами, предупреждая потери влаги. Это концепция подтверждается также и в патенте РФ № 2445513 на изобретение [49].

Анализ средств механизации для посева комбинированными посевными агрегатами

Венгерский посевной агрегат К-6200 предназначен для посева зерновых и травы, внесения минеральных удобрений и дезинфицирующих микрогранул от сельхозмашзавода KÜHNE

Посевные агрегаты Kühne 6200 (К-6200) «Сельскохозяйственного машиностроительного завода KÜHNE(1 предназначены для сева зерновых культур, травянистых растений, внесения в почву гранулированных минудобрений и дезинфицирующих микрогранул, а также уплотнения посеянных рядов. Они выпускаются в трех модификациях: одинарной (28 рядов), спаренной (56) и строенной (84), а также с разбрасывателем мелких семян и микрогранул (вариант «А»). Расстояние между высеваемыми рядами – 15,4 см. Глубина заделки семян – до 8,5 см. Рабочая скорость – 8–12 км/ч.

Посевной агрегат обеспечивает равномерный сев, как в прямом, так и поперечном направлении. Попавшие в борозды зерна с боков закрываются обрезиненными прикатывающими колесами, чем и обеспечивается быстрая всхожесть семян, соприкасающихся с влажной почвой.

Комбинированный посевной комплекс «AGRATOR COMBIDISK» комбинированный агрегат для сева с одновременной предпосевной культивацией и интенсивным прикатыванием лент посева.

Уникальный посевной комбайн с инновационной системой обработки почвы и инновационной системой сева и прикатывания. Соответствует всем современным техническим требованиям по предпосевной обработке почвы и внесению посевного материала. Предназначен для посева по предварительно обработанной почве. Увеличивает урожайность на 25–30 % только за счет улучшенной культивации, сева и прикатывания.

За один проход выполняет: измельчение комков передним катком обрабатывающего модуля; предпосевную обработку почвы на глубину посева стрельчатыми лапами на пружинных стойках и формирование плотного ровного семенного ложа; обратное прикатывание и разравнивание обработанного слоя почвы задним катком обрабатывающего модуля; посев семян и удобрений дисковыми или анкерными сошниками; интенсивное прикатывание лент посева при помощи усиленных опорно-прикатывающих катков; разравнивание и мульчирование засеянного поля шлейф-бороной.

Идеальное посевное ложе является основой для оптимального роста растений. Обработанная почва должна быть хорошо выровнена и разрыхлена по всей ширине захвата и на всю рабочую глубину.

Особенно важным является качество посевного горизонта, на который вносится посевной материал. Он должен быть хорошо уплотнен, чтобы обеспечивать идеальное снабжение почвенной влагой. Структура почвы с мелкой фракцией в области размещения семян и крупными комьями на поверхности обеспечивают оптимальные всходы.

Семена и удобрения высеваются на плотное семенное ложе, и плотно прикатываются. В этом случае формируется капиллярная система в почве и обеспечение семян и растений необходимой влагой и питательными веществами. Но прикатывание должно выполняться спирально-винтовым катком,

который в этом агрегате отсутствует и не формирует необходимую структуру почвы, идеальное семенное ложе.

Агрегат состоит из переднего и заднего катков.

Прикатывающие колеса «COMBIDISK» очень надежны, прочны, и создают высокую интенсивность прикатывания.

Процесс подготовки посевного ложа начинается с предварительного дробления комков с помощью переднего катка. Затем четыре ряда стоек со стрелчатыми лапами на пружинных стойках обеспечивают сплошную обработку посевного ложа, и создают равномерно глубокий горизонт посева.

Далее идет процесс внесения посевного материала. Семена и удобрения из бункера через дозатор, семяпровод или пневмопровод, поступают к сошникам, и высеваются в почву. Электронная система контроля контролирует работу каждого отдельного семяпровода, и при забивании подает сигнал на дисплей в кабине тракториста.

При возделывании зерна существует несколько основных проблем, которые не решаются или решаются недостаточно существующими почвообрабатывающими агрегатами и сеялками. И «COMBIDISK» также не справляется со всеми этими проблемами. Его преимущество в том, что устранен разрыв времени между культивацией и посевом.

«COMBIDISK» – это комбинированный агрегат, который одновременно производит предпосевную культивацию и посев. При работе с «COMBIDISK» разрыв между культивацией и севом невозможен, и устраняется полностью. Почва не иссушается, семена ложатся во влажный слой. Передний каток предварительно дробит крупные комки, затем четыре ряда лап на пружинных стойках идеально рыхлят почву, и создают плотное семенное ложе. Задний каток дополнительно измельчает комки, и производит обратное уплотнение обработанного слоя. Пружинные стойки вибрируют во время движения в почве, и дополнительно измельчают ее. Инновационная одноточечная балансирная подвеска обрабатывающего модуля равномерно распределяет нагрузку по всей площади и длине катков и лап.

Уникальная прикатывающая система «COMBIDISK» обеспечивает интенсивное избирательное прикатывание парных лент пневматическими катками. Прикатывающие устройства нагружены всей конструкцией посевного агрегата, что обеспечивает необходимую интенсивность и эффективность прикатывания. Между рядами между парными лентами остаются неприкатанными и рыхлыми. Обеспечиваются благоприятные условия для роста растений и ровные дружные всходы. Но отсутствие спирально-винтового катка снижает эффективность прикатывания семян из-за потери влаги.

Качественная подготовка посевного ложа и внесение посевного материала, а также высокая производительность на единицу площади сельскохозяйственных угодий, при низких затратах, являются сегодня решающими аргументами в пользу конкурентоспособности производства зерна. Все посевные комплексы должны снижать затраты, энергоемкость, потребность в людских ресурсах, повышать производительность труда, урожайность зерна.

Повышение урожайности можно обеспечить за счет ликвидации разрыва между культивацией и севом; улучшения подготовки почвы; рационального прикатывания посевов; более равномерного распределения семян.



Рисунок 1.9 – Общий вид комбинированного посевного агрегата Ферабокс 300

Снижение затрат обеспечивается за счет уменьшения затрат на ГСМ, на ремонт, повышение надежности машин.

Недостатки рассматриваемого посевного комплекса наряду с существенными преимуществами будут учтены при разработке нашего посевного процесса.

Комбинированный посевной агрегат Ферабокс 300, 400 предназначен для посева всех видов семян размером от 1 до 10 мм (лен, пшеница, рожь, ячмень, овес, кормовые бобы, горох, люпин, вика, проскурняк, соя, сорго, чечевица, рапс, клевер, райграс, репа, люцерна, клевер и т. д.), как на почвах, прошедших минимальную обработку, так и непосредственно без предварительной подготовки (по стерне). Агрегат выполнен с учетом технологических изысканий в области технологий посева, и оснащен 4-х ступенчатым электронным контролем процесса высева. Может использоваться на всех видах почв, даже не прошедших первичную обработку. Надежная система распределения семян с механическим приводом, надежность и прочность высевающего аппарата, выполненного из латунных и стальных деталей, позволяет с особой точностью регулировать норму высева семян. Все комбинированные посевные агрегаты оснащаются гидравлическими маркерами следа. Они приводятся в действие гидравликой, и управляются машинистом из кабины трактора. Таким образом, даже на тяжелых почвах или при мульчированном посеве виден отчетливый след.

Посев с помощью комбинированного посевного агрегата способствует более рациональному расходованию почвенной влаги, что приводит к повышению эффекта вносимых органических и минеральных удобрений и, в итоге, к увеличению урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

1.2 Агротехнические требования к посеву зерновых колосовых культур

Представлен анализ агротехнических требований к посеву зерновых колосовых культур.

Агротехнические требования к совмещению операций посева и внутрипочвенного внесения удобрений

Технологический процесс предназначен для осуществления на ровных участках и склонах до 8°, почвах различного механического состава во всех зонах полеводства, кроме районов засоренных камнями. Процесс осуществляется при твердости почвы до 2 мПа и влажности до 22 % и наличии на поверхности поля до 1 т/га стерни и других растительных остатков длиной до 25 см. При отсутствии на поверхности поля растительных остатков допустимая влажность почвы 26 %. Гребнистость (бороздоватость) поверхности не должна превышать половину глубины культивации.

Технологический процесс может осуществляться также на безотвально разрыхленной почве, а в весенний период – на безотвальной и отвальной зяби [44].

Предшествующие операции – отвальная вспашка, плоскорезное или чизельное рыхление, безотвальная совмещенная основная и дополнительная обработки по посев различных культур, многоследное дискование пласта многолетних трав и полей после уборки высокостеблевых пропашных культур. Последующая операция – посев сельхозкультур.

Качественные показатели

1. Рыхление почвы лапами сплошное на глубину 6–14 см. Предельное отклонение глубины обработки лапами на установленной ± 2 см, отклонение средней глубины обработки от заданной не более $\pm 1,5$ см.

2. Крошение почвы, обеспечивающее содержание фракций размеров до 50 мм не менее 65 % в слое 0–14 см и не менее 80 % в верхнем слое 0–8 см. Наличие глыб размеров более 100 мм в слое 0–8 см не допускается.

3. Полное подрезание сорных растений.

4. Измельчение не менее 50 % растительных остатков на отрезки длиной до 15 см.

5. Уплотнение обработанного слоя почвы не ниже 0,95 кг/дм³.

6. Допустимая гребнистость поверхности поля не более 4 см.

7. Глубина заделки удобрений 6–14 см.

Экологические требования

1. Количество эрозионно-опасных частиц размером менее 1 мм в верхнем слое почвы (0–5 см) не должно возрасти по сравнению с их содержанием до выполнения данной операции.

2. Не допускается просыпание удобрений на почву при загрузке бункера и выполнении технологического процесса.

3. Давление ходовых систем агрегатов на почву должны соответствовать требованиям ГОСТ-26-955-86.

4. Не допускаются подтекание и каплепадение топлива, моторного и трансмиссионного масел, смазочных материалов, рабочих жидкостей гидросистем и других технических жидкостей через прокладки, сальники, заливные, контрольные и спускные пробки, в соединениях топливопроводов, шлангов и других соединительных элементов агрегата.

5. Общий процент истирания металла рабочих органов о почву за срок амортизации орудия не более 10 % от первоначальной массы.

6. Вредные выбросы отработанных газов энергетического модуля агрегата не должны превышать норм в соответствии с ГОСТ 17.22.05-17 и ГОСТ 17.22.02.-98. Уровень внешнего шума не более 85 д.б.

7. Запыленность и вредные выбросы от агрегата на рабочем месте оператора должны соответствовать нормам для среды размещения оператора.

Требования технологической операции к конструктивным схемам и параметрам технических средств

1. Технологический процесс могут выполнять навесные, полунавесные и прицепные машины (агрегаты) к тракторам тяговых классов 1,4–8. При этом ширина захвата машины не должна быть меньше цифрового выражения тягового класса трактора, агрегирующего эту машину.

2. Рабочие органы агрегата должны быть сменными и включать дисковые секции, лапы, выравнивающее устройство, каток.

Дисковые секции должны иметь регулируемый угол атаки в пределах не менее 20–24°, диаметр основной части дисков не менее 450 мм, а на краях агрегата – уменьшенный. Диски сплошные сферические или зубчатые плоские.

Лапы с углом раствора лезвий 75–110°, размещенные сзади дисковых секций и разнесенные по ходу. Лапы или дисковые секции должны иметь регулируемую высоту крепления.

В качестве выравнивателя могут быть использованы V-образное устройство, поперечная доска, каток, штанга бесприводная, бороны зубчатые и др.

Каток навесной одно- или двухрядный планчатый, трубчатый, прутковый; каток полунавесной или прицепной – кольчато-шпоровый, или сходного типа (мы предлагаем спирально-винтовой).

3. Применяемые агрегаты должны обеспечивать: коэффициент эксплуатационной надежности 0,99, надежности технологического процесса 0,99, использования смены 0,85.

Исходные требования на базовую машинную технологическую операцию «Посев рядовой»

Назначение

Посев рядовой предусмотрен для зерновых и зернобобовых культур с размещением семян рядками с междурядьями до 10 см (узкорядный посев) и 10–25 см (обычный рядовой посев) с одновременным внесением в засеваемые рядки стартовой дозы гранулированных минеральных удобрений (или без внесения удобрений).

Применяется преимущественно при отвальной обработке почвы в условиях достаточного и избыточного увлажнения с шириной междурядья в основном не более 15 см. Рядовой посев большей шириной междурядья –

22,8 см может найти применение также при безотвальной плоскорезной обработке почвы с сохранением на поверхности стерни и растительных остатков в засушливых районах и условиях недостаточного увлажнения (с помощью стерневых сеялок типа СЗС-2,1).

Поле рядового посева подготавливают в соответствии с агротехническими требованиями на предпосевную культивацию почвы и зональными рекомендациями. Уклон поверхности поля под обработку почвы и посев не выше 8°. Поверхность поля выровнена. Высота гребней и глубина борозд не более 25 мм от средней поверхности поля. Глубина предпосевной подготовки почвы равна глубине заделки семян. Влажность почвы в слое 0–10 см не более 35 % для работы сеялок с дисковыми сошниками, 25 – с наральниковыми и полозовидными сошниками и 20 % при работе с прикатывающими катками. На поле не должно быть глыб, камней, растительных остатков (стеблей и корней кукурузы, подсолнечника и др.) длиной более 5 см. Высеваемый материал должен соответствовать по своим свойствам ГОСТ и ТУ на семена и гранулированные минеральные удобрения.

Требования к качеству выполнения

1. При посеве сельскохозяйственных культур должны обеспечиваться в зависимости от сорта, всхожести и других свойств семян и в соответствии с зональными рекомендациями следующие нормы высева семян и внесения гранулированных минеральных удобрений: пшеница, ячмень, рожь – 50–250 кг/га, овес – 100–250, горох – 80–300, гречиха 30–80, просо – 10–30, рис – 50–350, лен – 40–150, гранулированные минеральные удобрения – 50–2500 кг/га.

2. Заделка семян и гранулированных минеральных удобрений в почву осуществляется на следующую заданную глубину: для зерновых и зернобобовых культур – 30–80 мм, льна – 15–25, риса на тяжелых по механическому составу почвах – 5–20, легких – 40–50 мм.

При посеве с прикатыванием засеваемых рядков на глубину заделки семян необходимо уменьшить в пределах 10–20 мм. Она должна уточняться в

соответствии с горизонтов оптимальной влажности почвы: в засушливых условиях глубину необходимо увеличивать, чтобы семена ложились во влажный слой, при достаточном увлажнении ее выбирают минимальной.

3. При формировании борозды для закладки семян влажные слои почвы не должны выноситься на поверхность.

4. Борозда должна быть одинаковой глубины и иметь уплотненное дно – ложе для семян.

5. Семена должны укладываться на одинаковую глубину и заделываться рыхлой и влажной почвой.

6. Отклонение фактического общего высева семян от заданной нормы высева для зерновых не более ± 3 , зернобобовых – ± 4 %.

7. Отклонение фактического высева семян в отдельные рядки от расчетного среднего значения для зерновых культур не более ± 3 , зернобобовых – ± 4 %.

8. Дробление семян для зерновых не более 0,3, зернобобовых культур – 1 %.

9. Отклонение фактического общего высева минеральных удобрений не более 10 % от заданной нормы внесения.

10. Отклонение фактического высева минеральных удобрений в отдельные рядки от расчетного среднего значения не более ± 10 %.

11. Ширина междурядий при узкорядном посеве 7,5 см, при рядовом – 12,5, 15 или 22, 8 см.

12. Количество семян, заделанных в слой заданной глубины в двух смежных с ним десятимиллиметровых горизонтах, не менее 80 %.

13. При посеве на глубину 30–80 мм наличие семян на поверхности почвы не допускается, на глубину меньше 30 мм – допускается не более 0,1 % незаделанных семян от фактического количества высеянных.

14. Плотность почвы в зоне расположения семян 1,1–1,3 г/см³.

15. Не допускается нагартывание почвы и пожнивных остатков перед рабочими органами посевного агрегата.

16. Не допускает посев с огрехами.

17. Рабочие органы посевного агрегата (сошники, катки, загортачи) не должны выносить на поверхность влажные слои почвы.

18. Ширина основных и стыковых междурядий в пределах ширины захвата посевного агрегата должна быть одинаковой, их отклонение от заданного основного междурядья не более 10 мм.

19. При проходе посевного агрегата маркер должен оставлять на незасеянной поверхности поля непрерывный след, хорошо видимый с рабочего места тракториста.

20. Высота гребней и глубина борозд на поверхности после прохода посевного агрегата не более 30 мм.

Требования технологической операции посева к конструкции технических средств для ее выполнения

1. Для выполнения рядового посева зерновых и зернобобовых культур применяют универсальные блочно-модульные зернотуковые посевные агрегаты, агрегатируемые с тракторами тяговых классов 1,4; 2; 3; 4 и 5.

2. Параметры посевного модуля (ширина захвата, энерго и материалоемкость и др.) выбирают из расчета агрегатирования с наиболее распространенным трактором наименьшего тягового класса (1,4).

3. Ширина захвата посевного модуля не должна превышать допустимую транспортную ширину (не более 4,2 м).

4. Для улучшения адаптации операции к различным агроландшафтным и почвенно-климатическим условиям и повышения качественных показателей посевные модули укомплектовывают сменными блоками рабочих органов для посева с междурядьями 7,5; 15 и 22,8 см одно- и двухдисковыми, килевидными и стрельчато-лаповыми сошниками.

5. Рабочая ширина широкозахватного многосеялочного агрегата должна быть кратной ширине захвата посевного модуля.

6. Соединение посевных модулей в широкозахватные бесцепочные агрегаты – шеренговое.

7. Вместимость зернового бункера не менее 120 дм³, бункера для гранулированных минеральных удобрений – не менее 50 дм³ на 1 м ширины захвата сеялки.

8. Посевной модуль и бесцепочный посевной агрегат должны быть удобны в эксплуатации и обслуживаться, включая перевод в рабочее положение и для дальнего транспорта, одним трактористом.

9. Дорожный просвет посевного модуля не менее 300 мм.

10. Расстояние между рядами сошников при из двухрядном расположении на сеялке по хода движения не менее 350 мм.

11. Конструкция механизма навески и заглабления сошников должна обеспечивать:

Установку различных типов сошников.

Групповое и индивидуальное регулирование усилия для заглабления сошников.

12. Величина нижней приспособляемости сошника (расстояние от его положения по обеспечению оптимальной глубины заделки семян до нижнего положения) не менее 120 мм, а верхней (возможность подъема сошника от того же положения) – не менее 100 мм.

13. На сеялке должны быть предусмотрены места для установки приспособлений:

– для припосевного прикатывания рядков при рядовом (15 м) или узкорядном (7,5 см посева);

– выравнивания поверхности почвы за сошниками при работе без прикатывания;

– контроля уровня высеваемых материалов в бункерах и за технологическим процессом высева семян и удобрений;

– маркирования поверхности поля при работе многосеялочного агрегата.

14. Все подшипниковые узлы должны иметь одноразовую или сезонную смазку.

15. Ширина посевного агрегата в положении дальнего транспорта не должна превышать допустимую транспортную ширину.

16. Применяемые посевные агрегаты должны обеспечивать:

Коэффициент надежности технологического процесса 0,99, технического использования агрегата 0,96, готовности посевного модуля 0,98;

Гарантийный срок службы посевного агрегата – два года, общий срок службы – девять лет.

17. Конструкция машинного агрегата должна быть приспособлена к экологическому контролю и обеспечивать после срока службы рециклирование не менее 90 % его конструкционных материалов (по массе).

1.3 Анализ современных теоретических разработок по проблеме механизации посева колосовых зерновых культур

Теоретические исследования по механизации посева зерновых колосовых культур направлены в основном на обоснование параметров и режимов работы рабочих органов сеялок, а также технологии посева с целью повышения урожайности.

Весомым теоретическим направлением разработок по совершенствованию технологии является системный подход к разрабатываемой проблеме. Например, в работе Д. Н. Раднаева [85] предложен системный подход к определению показателей эффективности посевных агрегатов и выбору наиболее предпочтительного для конкретных природно-экономических условий.

Много исследований выполнено по моделированию и оптимизации процессов посева, рабочих органов зерновых сеялок и посевных комплексов: [16, 17, 19, 28, 31, 92, 70, 113, 130–132, 8, 65, 24–26]. Широко применяется в исследованиях метод планирования эксперимента: [9, 13–15, 1–3, 7, 55, 67–68, 93 и др.], в том числе за рубежом: 112, 125, 129. На основе оптимизации

машинно-тракторных агрегатов (МТА) по различным критериям обоснованы оптимальные параметры и режимы работы машин: [7, 109–117, 112, 117, 77, 81]. Также широко освещено в литературе оптимизация проектирования производственных процессов посева: [36, 37, 43–47, 71–74, 87, 116, 128, 19–20]. Высокопроизводительное использование посевных агрегатов представлено в работах: [29–30, 6, 29, 38, 52–53, 56–59, 60, 85, 86, 89–91, 111, 114, 121].

К сожалению, недостаточно освещаются в печати, особенно в последние годы, проблемы энерго-ресурсосбережения [54, 120], снижения уплотнения почв тяжелыми агрегатами [51, 106, 118], новых способов посева [100–104].

В работе [37] Омского ГАУ дано глубокое теоретическое обоснование совершенствованию технологий посева зерновых культур и рабочих органов посевных машин. Обращено внимание не только на равномерное распределение семян и удобрений по площади питания, равномерность глубины заделки семян, но и несовместный и разноуровневый высев семян и удобрений. Разноглубинное внесение семян и удобрений обеспечивает постепенное восприятие нитрата, и способствует ускоренному развитию корневой системы. Предложена конструкция комбинированного сошника, обеспечивающего двухленточный посев с шириной лент по 40 мм при расстоянии между лентами не более 80 мм. Размещение удобрений ниже семян повышает всхожесть семян и как следствие урожайность. Предлагаемый рабочий орган для разноуровневого внесения удобрений и семян представлены на рисунке 1.10.

Представляют интерес теоретические разработки КубНИИТиМ [89, 90] по анализу преимуществ дисковых сошников по сравнению с сошниками с культиваторной лапой, а также основы теории группового распределения семян зерновых культур электромагнитным высевающим аппаратом (рисунок 1.11), [76].

Равномерность распределения семян по сошникам при групповом дозировании можно улучшить, исходя из следующих теоретических положений.



Рисунок 1.10 – Общий вид сошника для разноуровневого посева семян и внесения удобрений [47]

На рисунке 1.11 показана схема сил, действующих при гравитационном истечении семян из семенного бункера через щелевое отверстие длиной l_0 и шириной b_0 , равной амплитуде A_q открытия клапана дозатора.

Семена зерновых культур относятся к числу сыпучих материалов. Они в определенной степени являются подобием вязких жидкостей, и имеют общие с этими жидкостями закономерности.

В частности, семена – подобно вязким жидкостям – обладают свойством сопротивляться деформации сдвига от действия касательной силы T .

Зависимость напряжения τ от силы трения между слоями семян в дифференциальном виде, известная под названием закона Ньютона, имеет вид [47]:

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy} \quad (1.1)$$

где μ – коэффициент пропорциональности, характеризующий способность семян сопротивляться сдвигу, Н·с/м²;

V – скорость движения семян, м/с;

y – расстояние между слоями семян, измеренное перпендикулярно направлению их движения, м.

На основании закона, описанного уравнением (1.1), следует, что напряжение от силы трения внутри движущихся семян прямо пропорционально градиенту скорости, или, иначе говоря, пропорционально первой производной от скорости истечения семян по нормали к этой скорости.

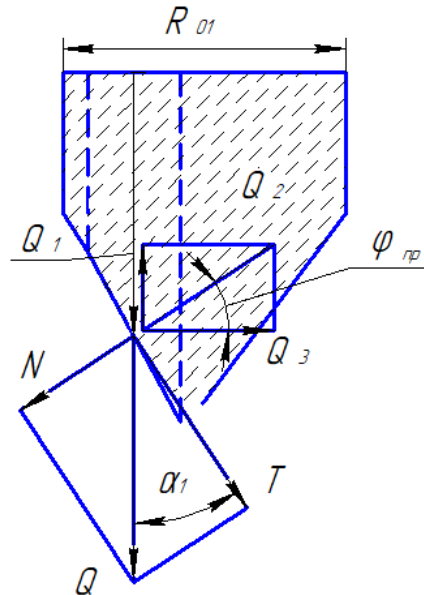


Рисунок 1.11 – Схема сил, действующих при истечении семян из семенного бункера: Q_1 – усилие, обусловленное массой столба семян, расположенных над клапаном дозатора; Q_2 – усилие, обусловленное внутренним трением семян в бункере; N , T – соответственно нормальная и тангенциальная составляющие усилия $Q = Q_1 - Q_2$

Величина $\frac{1}{\mu}$ характеризует «текущность» семян и обозначает их способность принимать форму бункера семян, в котором они находятся.

На основании закона постоянства расхода, согласно которому расходы семян в различных сечениях потока при установившемся режиме дозирования одинаковы, имеем:

$$\bar{V}_1 \cdot F_1 = \bar{V}_2 \cdot F_2 = \dots = \bar{V}_{n'} \cdot F_{n'} , \quad (1.2)$$

или

$$\frac{\bar{V}_1}{V_2} = \frac{F_2}{F_2} = \dots = \frac{\bar{V}_{n'-1}}{V_{n'}} = \dots = \frac{F_{n'}}{F_{n'-1}} , \quad (1.3)$$

где n' – количество каналов, начиная от одного из крайних до среднего.

Интерес представляет теоретические обоснования угла α наклона винтовых полос в прикатывающей секции спирально-винтового катка КВШ-15 для прикатывания посевов [47]:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{1}{2 \cdot n \sqrt{DH - H^2}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right), \quad (1.4)$$

где n – количество винтовых полос в секции катка;

$H = H_{max} - H_{min}$, H_{max} – максимальная толщина прикатанной почвы над семенами;

H_{min} – минимальная допустимая толщина прикатывания почвы над семенами.

Максимальная H_{max}^B и минимальная H_{min}^B толщины дополнительно измельченной и вспушенной почвы над прикатанной почвой, закрывающей посеянные семена, определяется выражениями: $H_{max}^B = H_r - H_{max}$, где H_r – глубина посева, а $H_{min}^B = H_r - H_{max}$. Такое конструктивное выполнение позволит повысить качество обработки почвы и накопления в ней влаги за счет измельчения и вспушивания поверхностного слоя почвы с равномерным распределением по поверхности поля.

Важной научной проблемой является также выбор показателей эффективности ресурсосберегающей технологии возделывания зерновых культур с прикатыванием комбинированных агрегатов. В работах обосновано применение системного анализа при выборе показателей эффективности посевного агрегата как сложного объекта. Представлено его функционирование в виде системного объекта.

Анализ экономических и технических критериев оценки машинно-тракторных агрегатов показывает, что приведенные удельные затраты наиболее полно отвечают требованиям народного хозяйства. Задача выбора показателей эффективности комбинированных машин и агрегатов для обработки почвы и посева решалась на основе экономико-математической модели, в ко-

торой критерием служат приведенные удельные затраты $Z_{\text{пр.уд.}}$ и ее целевая функция имеет вид [85]:

$$Z_{\text{пр.уд.}} = (C_{\text{уд.}} + Ek_{\text{уд.}}) \rightarrow \min, \quad (1.5)$$

где $C_{\text{уд.}}$ – себестоимость единицы продукции;

E – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений;

$k_{\text{уд.}}$ – удельные капитальные затраты

В работе [66] И. П. Маслов совместно с А. П. Тереховым представили глубокий анализ равномерности распределения материала. Для нашей работы особую актуальность представляют равномерность распределения семян и удобрений.

Ценные рекомендации по применению математических методов в исследованиях сельскохозяйственных процессов изложены в работе [113] Ю. В. Хоменко и Е. И. Баженова.

На основе многолетних исследований коллектив конструкторов ГСКБ (г. Кировоград) [114] дополнил теоретические положения анализа и оценки технического уровня машин.

1.4 Выводы

Краснодарский край обладает уникальными, не имеющими мировых аналогов по плодородию, черноземными почвами и является одним из крупнейших регионов России по производству сельскохозяйственной продукции, в том числе зерна озимой пшеницы. Почвы и климат в регионе благоприятны, однако имеющиеся природные возможности производства сельскохозяйственной продукции высокого качества не используются в полной мере.

Наукой сделан вклад в разработку и усовершенствование машин для посева озимой пшеницы и других колосовых культур. В работах ученых изучены и обоснованы технологические требования к техническим системам по-

сева сельскохозяйственных культур и внесения минеральных удобрений. Уделено место совмещению технологических операций при посеве зерновых.

Ведущими компаниями производителей сельскохозяйственной техники проводится большое количество исследований по усовершенствованию процесса посева. Данные исследования были проанализированы нами. Все образцы посевных машин имеют ряд недостатков, таких как: высокая стоимость агрегата, сложное техническое исполнение, что не позволяет мелким производителям массово использовать образцы данной техники. Большинство хозяйств не в состоянии применять современные технологии передовых предприятий производящих посевное оборудование, по причине неудовлетворительного финансового положения. В результате чего нарушаются сроки и качество посева, и применяются примитивные технологии, что в свою очередь понижает урожайность и рентабельность производства. Применяемые технологии посева с одновременным внесением удобрений позволяют значительно повысить урожайность от 3 до 4 ц/га. Совмещение операций посева, прикатывания спирально-винтовым катком, а также внесения стартового и основного минерального удобрения позволяет существенно снизить затраты энергии и денежных средств.

Анализ литературы по параметрам посева озимой пшеницы показал, что данная проблема, по-прежнему, недостаточно изучена и требует практических исследований параметров семенного ложа и усовершенствования машин с целью повышения эффективности производства.

Анализ средств механизации для посева зерновыми сеялками и посевными комплексами показал, что современные и наиболее распространенные на территории РФ машины нуждаются в доработке для обеспечения оптимальных условий развития растений зерновых колосовых культур.

Стоит острая необходимость их конструктивно-технологической модернизации с целью повышения урожайности зерна и снижения затрат.

Из проанализированных отечественных и зарубежных средств механизации для посева колосовых интерес представляют посевные комплексы, комбинированные агрегаты, такие как «Кузбасс», «Томь», Венгерский посевной агрегат К-6200, комбинированный посевной агрегат «AGRATOR COM-BIDISK», комбинированный посевной агрегат Ферабокс 300 и др.

Данные посевные агрегаты повышают урожай, снижают затраты, но требуют существенной конструктивно-технологической доработки, что позволит улучшить на основе совмещения операций показатели эффективности сельскохозяйственных предприятий и повысить конкурентоспособность.

На основании анализа состояния вопроса можно сделать следующие выводы:

1. Применяемые на производстве зерновые сеялки и посевные комплексы в основном выполняют агротехнические требования за исключением равномерности глубины заделки семян и основного внесения минеральных удобрений одновременно с посевом.

2. Зерновые сеялки с дисковыми сошниками имеют преимущество по сравнению с посевными комплексами, снабженными культиваторными лапами для заделки семян и сплошной культивации. Сошники в виде культиваторных лап уступают дисковым по равномерности глубины посева, а сама идея совмещения операций предпосевной культивацией и посева возможна очень редко в зависимости от соответствующих почвенных условий и наличия сорняков.

3. Посевные комплексы могут выполнять за один проход агрегата предпосевную культивацию, когда позволяют почвенные условия, посев, внесение удобрений и прикатывание. К сожалению, основное удобрение вносится на глубину не более 14 см, что недостаточно для эффективного их использования в поздние фазы развития корневой системы.

4. Результаты сравнительных испытаний зерновых сеялок и посевных комплексов в КубНИИТиМ подтверждают, что по совокупности эксплуата-

ционных и технологических показателей зерновые сеялки с дисковыми сошниками предпочтительнее.

5. Научные исследования, выполненные в нашей стране и за рубежом, позволяют сделать вывод о широком применении математического моделирования, оптимизации параметров многофакторного эксперимента для обоснования рабочих органов сеялок и технологий посева. Все определяет дальнейший прогресс в совершенствовании посевных машин и технологий применительно к конкретным зональным условиям.

6. Пока еще не разработан многофункциональный посевной агрегат, учитывающий вышеуказанные недостатки технологий посева и рабочих органов посевных машин, обеспечивающий качественное внесение основного удобрения и прикатывание семян, устраняющее потери почвенной влаги выравнивание поверхности поля.

Рабочая гипотеза. Качество работы МПА при заделке основного удобрения на 16–18 см обеспечивается норальниковыми сошниками одновременно с высевом двумя дисковыми сошниками семян и стартовой доз удобрений на глубину 4–6 см, а равномерность плотности прикатанного слоя почвы 1,1–1,25 г/см³ с созданием над ним мульчирующего влагосберегающего слоя толщиной до 3 см и вычесыванием пожнивных остатков на поверхность – спирально-винтовым катком диаметром 0,450 м, удельной массой 86,4 кг/м.

Цель работы – повысить эффективность процесса посева озимой пшеницы путем оптимизации параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата.

Задачи исследования.

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему многофункционального агрегата (МПА) и способ посева зерновых колосовых с внесением удобрений и рациональным прикатыванием.

2. Разработать математическую модель процесса работы агрегата и алгоритм оптимизации его параметров и режимов работы МПА.

3. С использованием планирования эксперимента оптимизировать параметры и режим работы прикатывающего спирально-винтового катка.
4. Разработать методику инженерного расчета основных характеристик МПА.
5. Определить экономическую эффективность результатов исследований.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОСЕВНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КОЛОСОВЫХ

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы МПА и способы посева зерновых культур с внесением удобрений и рациональным прикатыванием

В настоящее время посев озимых и яровых зерновых культур в Краснодарском Крае, в основном, проводят трех сеялочными агрегатами типа СЗ-3,6. Они были разработаны более 30 лет назад, морально устарели и, наряду с достоинствами, имеют существенные недостатки.

Освоение производства более совершенных сеялок, разработанных в восьмидесятых годах, не состоялось. В настоящее время в хозяйства поступают устаревшие модели сеялок, а также зарубежные посевные машины зачастую без испытаний и необходимых обоснований их эффективности.

Отсутствие методически регламентированного показателя комплексной оценки машин в ряде случаев не исключает поступления в хозяйства Кубани посевной техники, не соответствующей требованиям зональных технологий.

В задачу наших исследований по созданию МПА входит обоснование выбора сошниковой группы и прикатывающего катка, установленного за сеялкой. Таким образом предлагаемый нами МПА должен обеспечивать качественный посев колосовых культур, припосевное (стартовое) и основное удобрение, рациональное прикатывание посевов.

На практике уже широко применяются посевные комплексы, которые совмещают операции предпосевной культивации, посева и прикатывания [121, 126, 89, 90, и др.]. Но, в качестве рабочих органов в известных комплексах применяется стрельчатая лапа, имеющая существенные недостатки по сравнению с дисковыми сошниками. Зерновые сеялки с сошниками в виде

культиваторной лапы существенно уступают лучшим образцам зерновых сеялок с дисковыми сошниками [89, 90].

Существенным отличием стерневых сеялок-культиваторов отсеялок типа СЗ-3,6 является жесткое расположение сошников на раме и значительное расстояние между передними и задними опорными колесами (2,2 м у сеялки СЗС-2,1 и 4,4 м у зарубежных сеялок – культиваторов). Это резко снижает способность зарубежных сеялок копировать неровности поля, и требует более тщательного выравнивания его поверхности.

Теоретически культиваторная лапа создает условия для компактной заделки семян на глубине хода режущей кромки. Но в следствие указанных недостатков зарубежные сеялки – культиваторы не обеспечивают стабильности глубины заделки семян и не имеют преимуществ перед сеялкой СЗП-3,6 (таблица 2.1)

Таблица 2.1 – Показатели качества заделки семян по результатам испытаний сеялок

Показатели	Марка сеялки		
	Джон Дир 735	СЗП-3,6	«Конкорд» 2812/2000
Рабочая скорость, км/ч	11,7	9,2	10,3
Коэффициент вариации глубины заделки семян, %	18,5	14,9	22,0
Количество семян, незаделанных в почву, шт./м ²	30	22	15,3

Появление в хозяйствах края зарубежных стерневых пневматических сеялок с сошниками в виде культиваторных лап обусловлено стремлением сократить или исключить предпосевные обработки почвы.

Однако при посеве в необработанную почву (после позднеубираемых предшественников озимой пшеницы) зарубежные сеялки – культиваторы в большинстве случаев не обеспечивают требуемых технологических показателей. В настоящее время практикой применения таких сеялок в хозяйствах Успенского и других районов установлено среднее количество предпосевных

обработок по предшественникам: два дискования после кукурузы на зерно и подсолнечника, одно – после кукурузы на силос. Прямой посев в зависимости от состояния почвы возможен после сахарной свеклы и сои, иногда – после кукурузы на силос.

Таким образом, в рамках типовой технологической схеме возделывания озимой пшеницы применение сеялок типа «Конкорд» позволяет совместить предпосевную культивацию и посев, а при посеве позднеубираемым высокостебельным предшественникам уменьшить количество дискований в среднем с трех до двух.

Важным фактором экономической эффективности сеялок разных типов является их годовая загрузка.

Сопоставление видов и оптимальных агросроков работ, выполняемых сеялками разных типов, показывает, что посевные агрегаты с дисковыми сошниками и туковысевающими устройствами имеют наибольшую годовую загрузку (100 %). Годовая загрузка посевного агрегата к трактору класса 5 т с сошниками в виде культиваторной лапы («Конкорд», «Хорш») составляет 66,3 %, а с применением на тракторе шин низкого давления – 70,3 % от объема работ дисковых сеялок. [89].

Это значит, что сеялки типа «Конкорд» и «Хорш» не могут полноценно заменить традиционно применяемые сеялки с дисковыми сошниками. Оснащение хозяйства сеялками такого типа для посева озимых культур практически не уменьшит потребности в дисковых сеялках, приведет к увеличению общего числа машин и дополнительным затратам машинно-тракторного парка хозяйства.

Предлагаемая более высокая универсализация сеялок – культиваторов по видам выполняемых работ (посев, культивация, внесение минеральных удобрений) не может быть полноценно реализована в условиях Кубани. Применяемые на сеялках рабочие органы отличаются большими углами подъема рабочих поверхностей, что не соответствует рекомендуемым для Кубани влагосберегающим технологиям. Кроме этого, такие рабочие органы

имеют повышенную энергоемкость и приводят к излишним эксплуатационным затратам. Так, агрегат Т-150+КШУ-12 в сравнении с агрегатом К-701+«Конкорд» обеспечивает на культивации большую производительность (за счет большей в 1,4 раза ширины захвата).

Таким образом, можно считать обоснованным применение двухдисковых серийных сошников для посева колосовых в предлагаемом нами многофункциональном агрегате.

Для рационального прикатывания посевов рекомендуется спирально-винтовые катки. Их преимущество нами уже раскрыто ранее в первой главе.

Третий важнейший компонент внесения раздельно припосевного и основного удобрения, также реализован в нашем экспериментальном образце МПА (рисунок 2.1)

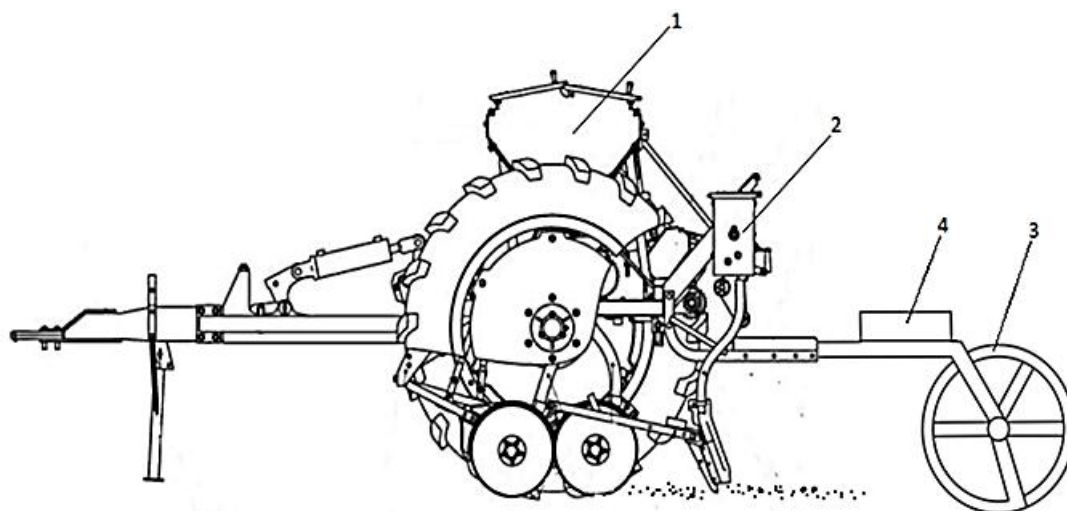


Рисунок 2.1 – Технологическая схема агрегата экспериментальной установки для колосовых культур внесения удобрений и прикатывания:

- 1 – ящик для семян и стартового удобрения; 2 – ящик для минеральных удобрений;
3 – спирально-винтовой прикатывающий каток; 4 – балластный груз

В предполагаемом макете агрегата реализованы все прогрессивные положения эффективного процесса посева зерновых колосовых культур: дисковые сошники, спирально-винтовой каток, раздельное внесение стартового (припосевного) и основного удобрения.

Обычно системой земледелия [88] рекомендуется основное удобрение вносить под основную обработку.

Но существующие способы внесения и заделка удобрений в почву не отвечает требованиям системы земледелия [88], согласно которым фосфорные туки должны вноситься на дно борозды плуга, т. е. на 20–22 см, а калийные и азотные – премешиваться по всему пахотному слою. Такое требование на практике пока не реализовано и только в предлагаемом нами агрегате все виды удобрений вносятся на заданную глубину 16–18 см. и будут использоваться будущей корневой системой растений в фазе холощения и созревания, когда растения пшеницы испытывают наибольшую потребность в фосфоре, калии и азоте для формирования урожая и качества зерна.

Работает предлагаемый агрегат следующим образом. При движении трактора, высевающие аппараты зерновой сеялки (рисунок 2.1) 2 производят высев семян, которые сошниками заделываются на требуемую глубину 4–6 см вместе со стартовой дозой фосфорных удобрений, высеваемых из ящика 7 по известной обычной схеме. Основное удобрение из ящика 8 вносится подкормочными ножами 5 на глубину 16–18 см отдельно между рядами семян пшеницы. Прикатывающий каток 3 с балластными грузами 4 выравнивает почву за сошниками и создает оптимальную плотность в семенном ложе. Конструктивная особенность прикатывающего катка в том, что, создавая оптимальную плотность почвы семенного ложа над семенами в слое 2–3 см, своей винтовой спиралью он выносит на поверхность пожнивные остатки, почвенная влага по капиллярам поднимается к семенам и выше в прикатанный слой на 2–3 см, а дальше она остается в этом слое, так как рыхлый слой 2–3 см над прикатанным имеет разрушенные капилляры и препятствуют выходу влаги в атмосферу, сохраняя ее в семенном ложе в слое 2–3 см. С такой гипотезой, изложенной в работе [118], можно согласиться, так как другие конструкции прикатывающих катков не создают рыхлого безскважного слоя почвы над прикатанным, особенно кольчато-шпоровые, которые в основном, и применяются на полях в производстве.

Составляющие синтеза, предлагаемого МПА представлены на рисунке 2.2: зерновая сеялка (а); спирально-винтовой каток (б); подкормочный нож (в).

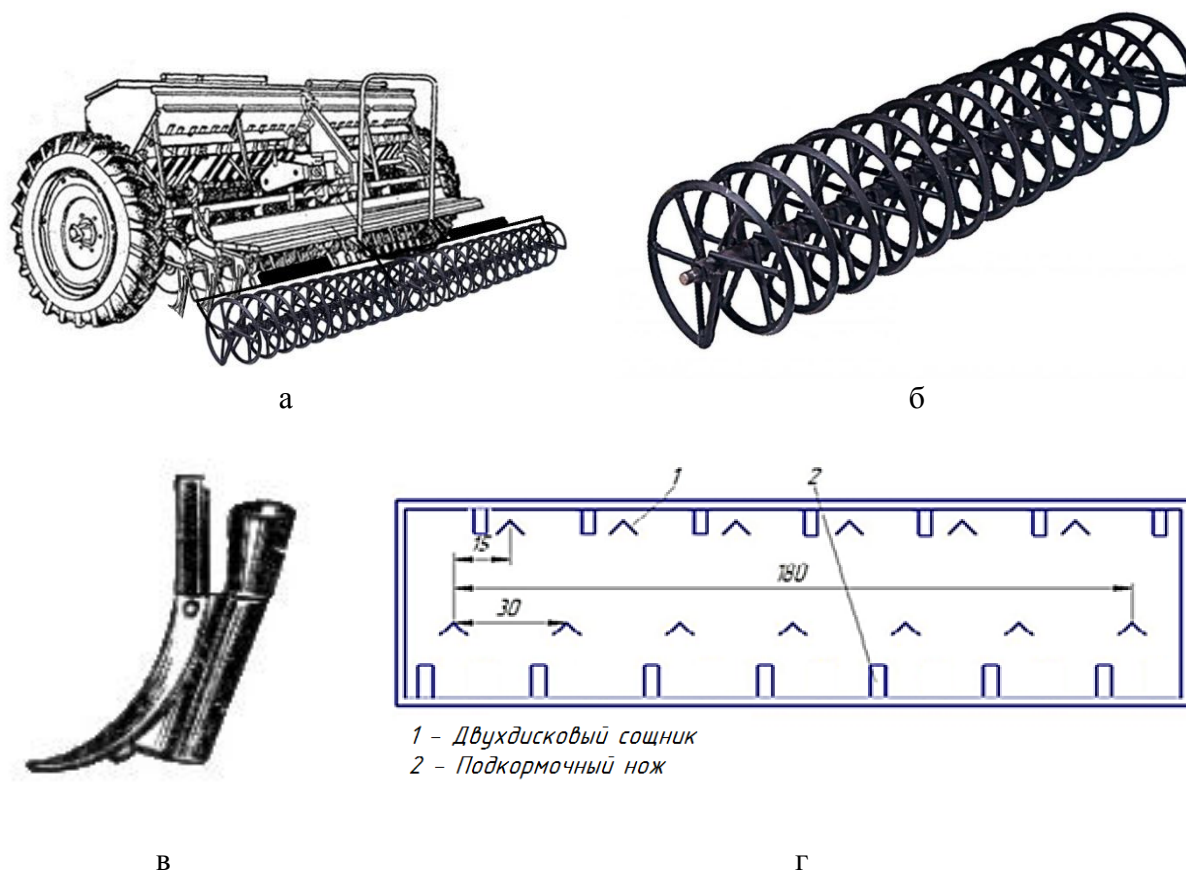


Рисунок 2.2 – Внешний вид составляющих синтеза предлагаемого многофункционального агрегата:

а – зерновая сеялка; б – спирально-винтовой каток; в – подкормочной нож;
г – размещение подкормочных ножей на раме зерновой сеялки (вид сверху)

Таким образом, предлагаемая технологическая схема многофункционального посевного агрегата обеспечивает высеv семян со стартовой дозой удобрений на заданную глубину 4–6 см [54], основное внесение удобрений на глубину 16–18 см, прикатывание семян до оптимальной плотности в слое 2–3 см, создания рыхлого не прикатанного слоя почвы 2–3 см над прикатанным и вынос остатков и сорняков из семенного ложа. Такие благоприятные условия для прорастания семян за один приход агрегата по полю ранее не создавались, и направлены они на повышение урожая.

Новизна заявляемого технического решения заключается в том, что при использовании сеялки обеспечивается сокращение потери почвенной влаги и повышение производительности труда за счет совмещения технологических операций посева и прикатывания семян с созданием дополнительного измельченного и вспушенного слоя почвы над прикатанной поверхностью почвы, закрывающей посеянные семена. Кроме того обеспечивается дополнительное поступление влаги из атмосферы за счет воздухообмена между почвой и воздухом.

2.2 Оптимизация параметров и режимов работы МПА для посева зерновых культур с внесением основного и припосевного удобрения и прикатыванием спирально-винтовым катком

В данном разделе представлена математическая модель, блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата, предназначенного для одновременного выполнения посева зерновых, колосовых, внесения стартового и основного удобрения и прикатывания посевов спирально-винтовым катком. Проанализирован критерий оптимизации и его оптимальное значение.

Применяемая на практике технология посева зерновых колосовых культур очень трудоемкая [88–108]. Перед посевом вносятся минеральные удобрения, после посева проводят прикатывание посевов [105]. На этих операциях занято три вида различных агрегатов с тракторами. Мы предлагаем совместить указанные операции за один проход по тем предлагаемым многофункциональным посевным агрегатом с комплектом рабочих органов для основного, стартового удобрения, высева семян и прикатывания посевов. Очевидна высокая эффективность такого совмещения операций. В данном разделе поставлена цель – оптимизировать параметры и режим работы предлагаемого агрегата.

Основным методом решения подобных задач является моделирование и оптимизация сложных производственных процессов. В качестве переменных в математической модели приняты: ширина захвата B_p многофункционального агрегата (МПА) с интервалом 1,8–16,2 м; рабочая скорость движения в интервале 5–12 км/ч; емкость бункера для семян и удобрений 1–3 м³; длина гона на поле 0,5–1,5 км.

Математическая модель функции агрегата при выполнении посева пшеницы и прикатывания [54, 55]:

$$\left\{ \begin{array}{l} N_e = 5,31 \cdot B_p \cdot V_p [1 + 0,031(5 - V_p)] / 3,24 \\ C_{5_T} = 38,67 \cdot N_e \\ t_{ц} = 21(V_p + 7,813_p + 10) / 2000 + (0,07B_p \cdot L_p) / 10G \\ n_{ц} = (6,7 - 0,07B_p) / t_{ц} \\ T_p = t_p \cdot n_{ц} \\ W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p / [(t_{ц} \cdot n_{ц} + 0,02 \cdot B_p) + 0,3] \\ C_p = \frac{205 \cdot C_{6_T} / 790 \cdot W + 250 / W + 4(198400 \cdot B_p + 0,25) / 145 \cdot W + [6,95 \cdot N_e \cdot [1 + 0,03(V_p) = 5]] / W}{W \cdot 0,15 \cdot [C_{6_T} \cdot 1000 / 790 \cdot W + 198400B_p / 145 \cdot W]} \rightarrow \min \end{array} \right.$$

где N_e – мощность двигателя трактора, кВт;

B_p, V_p – соответственно ширина захвата (м) и рабочая скорость (км/ч);

L_p – длина гона, м;

C_{5_T} – балансовая стоимость трактора, р;

$t_{ц}$ – время цикла работы агрегата, ч;

$n_{ц}$ – число циклов за смену;

G – масса удобрений в емкостях агрегата, кг;

T_p – время чистой работы агрегата за 1 ч сменного времени;

W – производительность агрегата за 1 ч сменного времени, га/ч.

Для реализации математической модели был разработан алгоритм решения к ПЭВМ, блок-схема которого представлена на рисунке 2.5.

Блок – схема алгоритма включает 15 операторов (рисунок 2.5), из которых 12 арифметических, первый содержит исходные данные в виде перечисленных переменных, а последний 15-й – выводит на печать результаты рас-

чета при минимальном значении критерия оптимизации задачи – минимального значения приведенных затрат на выполнение заданного объема работ.

Второй арифметический оператор, получив управление от первого, вычисляет значения мощности двигателя N_e трактора, агрегирующего МПА и передает управление третьему арифметическому оператору, где рассчитывается балансовая стоимость C_B^T трактора каждой мощности. После расчета C_B^T управление передается следующим арифметическим операторам (4–7) для расчета составляющих времен цикла работы МПА. В четвертом арифметическом операторе определяется время работы МПА, приходящейся на один цикл t_r^c (оператор 4), время холостых ходов МПА на один цикл t_x^c (оператор 5), время на технологические остановки, приходящиеся на один цикл t_{on} (оператор 6) и суммарное время цикла t_c (оператор 7).

В восьмом операторе рассчитывается число циклов n_c работы МПА за время смены, а в девятом – время основной работы T_p агрегата.

Десятый арифметический оператор вычисляет производительность МПА за 1 час сменного времени W и передает управление одиннадцатому арифметическому оператору для расчета прямых эксплуатационных затрат $Uэ$ на выполнения работы.

Одиннадцатый оператор, определив значение эксплуатационных затрат $Uэ$ на весь объем работ, передает управление 12-му оператору, где рассчитывается капиталовложения K в механизацию на выполнение заданного процесса.

Тринадцатый оператор, получив управление от 12-го, вычисляет приведенные затраты E по каждому процессу и находит их минимум. 14-й оператор логический. Он проверяет полноту решения задачи.

По минимальному значению критерия оптимизации 13-й оператор выводит на печать результаты расчета, после чего проводится их анализ. Анализ результатов оптимизации параметров МПА выполнен в 4-й главе.

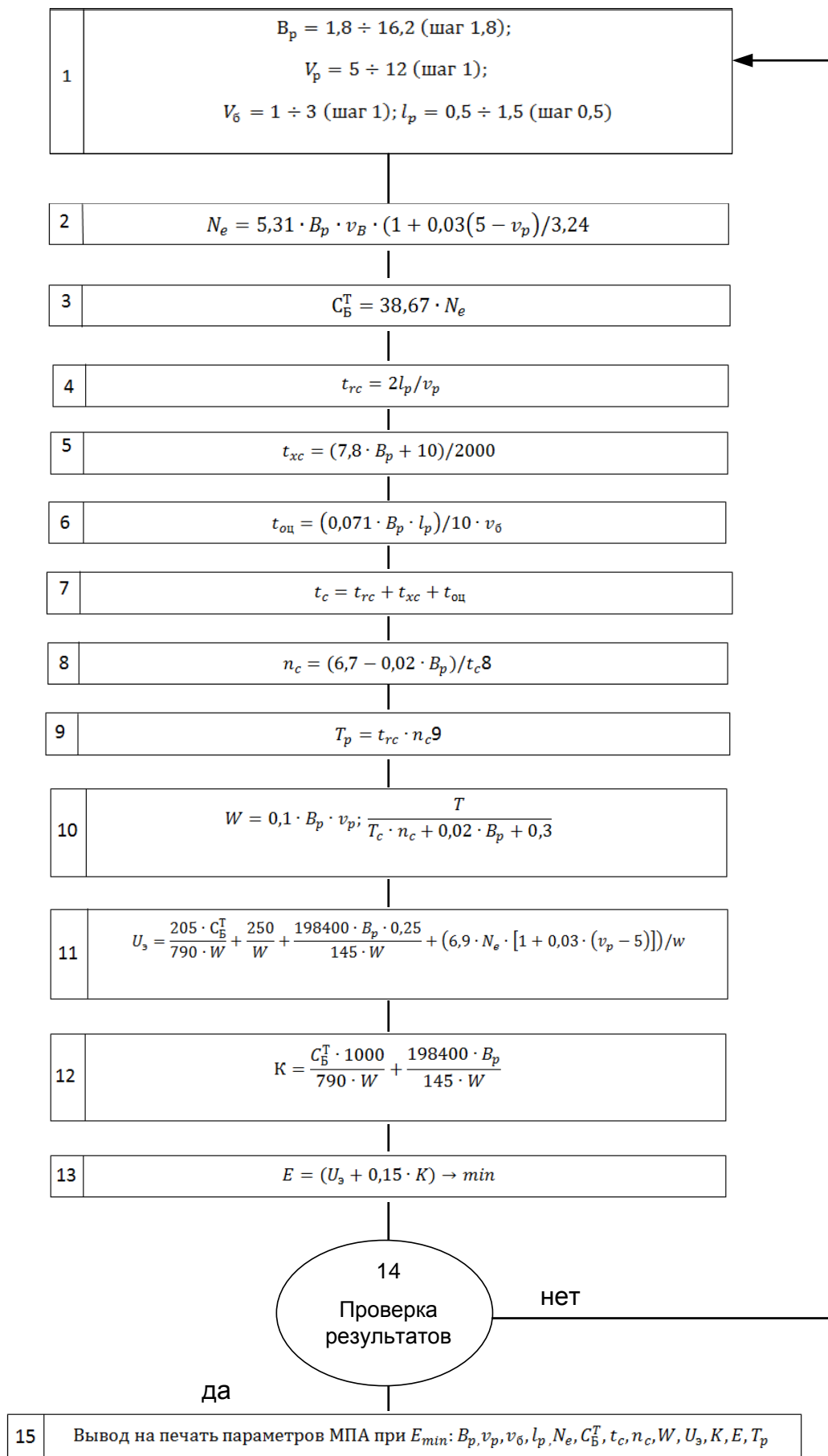


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов МПА

По минимальному значению критерия оптимизации 13-й оператор выводит на печать результаты расчета, после чего проводится их анализ. Анализ результатов оптимизации параметров МПА выполнен в 4-й главе.

На основании моделирования процессов работы посевного МПА получены зависимости мощности двигателя трактора от рабочей скорости и ширины захвата агрегата (оператор 2 рисунок 2.5), балансовой стоимости трактора от его мощности (оператор 3 рисунок 2.5), производительности агрегата (оператор 10), а также эксплуатационных и приведенных затрат (операторы, соответственно 11 и 13). При вводе исходных данных: ширина захвата МПА – 3,6 м; рабочая скорость трактора – 5–12 км/ч; интервал – 1,2–1,3 г/см³; мощность двигателя трактора – 67,9 кВт получены: оптимальная скорость МПА – 7,6 км/ч и минимальные приведенные затраты на выполнение процесса работы – 1295,00 руб./га.

2.3 Выводы

1. Обоснована конструктивно-технологическая схема МПА, выполняющего за один проход посев, внесение удобрений и рациональное прикатывание.

2. В результате работы сеялки зернотуковой с предлагаемой системой катков со спиральными винтовыми секциями обеспечивается качественная заделка высеянных семян в почву. При этом прикатанная почва над семенами, и под ними обеспечивает приток влаги к ним по капиллярам, а слой вспушенной почвы 2–3 см над прикатанной препятствует испарению влаги из зоны семенного ложа. Вычесанные спиралью катка сорняки и пожнивные остатки из зоны семенного ложа на поверхность защищают почву от эрозии, и способствуют лучшему усвоению дополнительной влаги из атмосферы за счет «сухого полива».

3. Предлагаемый агрегат обладает следующими преимуществами по сравнению с серийной сеялкой СЗП-3,6:

- качественная заделка удобрений и лучшее их использование;
- оптимальная загрузка трактора до 90 %;
- высокая мобильность и транспортабельность по дорогам общего пользования;
- уменьшение суммарной площади переуплотнения почвы;
- снижение стоимости комплекса машин.

4. В результате моделирования рабочего процесса предлагаемого МПА и оптимизации его параметров можно сделать вывод о его высокой эффективности. Данный агрегат позволяет совместить три важные технологические операции: внесение основного и стартового удобрения, посев зерновых колосовых и прикатывание посевов спирально-винтовым катком. При ширине захвата МПА 3,6 м, рабочей скорости движение 5–12 км/ч, мощности двигателя трактора 67,9 кВт обеспечиваются минимальные приведенные затраты на процесс 1295,00 руб./га

5. В результате исследования плотности почвы после прикатывания озимой пшеницы спирально-винтовым катком КВШ установлен диапазон распределения ее значений в семенном ложе от 1,22 до 1,30 г/см³, что соответствует агротребованиям возделывания озимой пшеницы.

6. Получено выражение (2.10) функция плотности вероятности случайной величины (плотности почвы после прикатывания) и также формализованный вид функции распределения вероятностей этой величины (2.9). Вероятность попадания значения плотности почвы после прикатывания спирально-винтовым катком в заданный интервал 1,2–1,3 г/см³ составила 82,6 %, что отвечает агротехническим требованиям.

7. Оптимизированы параметры плотности почвы от массы балластного груза и рабочей скорости движения. Планированием эксперимента по плану Вк с построением гиперповерхностей и двумерных сечений установлены взаимодействия управляемых факторов.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Технологическая схема предлагаемого многофункционального агрегата и его устройство представлена в разделе 2.1, а сама экспериментальная установка для исследований – на рисунке 2.1. в предыдущем разделе.

Испытания МПА запланировано провести в учхоза «Кубань» КУБГАУ полевых условиях при проведении посева пшеницы по предшественнику на поле люцерна. По результатам проведения опыта будет проведена оценка качества практической работы МПА в условиях поля.

Были изучены:

– показатели глубины обработки почвы, гребенности с использованием стандарта СТО АИСТ 4.1-2010 Новокубанской МИС, плотности почвы в семенном слое посева озимой пшеницы, качество внесения удобрений на разных слоях среза грунта почвы, динамометрирование прикатывающего катка, определение влажности почвы.

СТО АИСТ 4.2-2010 и СТО АИСТ 4.1-2010 основываясь на методики определены основные агротехнические показатели агрегата при выполнении основных технологических операций.

Для определения Агротехнической оценки характеристик опытного поля, был подобран оптимальный режим МПА, проведен оценка показателей качества работы и систематизированы полученные данные [41].

При проведении опыта определены следующие Агротехнические показатели: глубина обработки почвы, ширина захвата орудия, степень заделки стерни, степень крошения почвы, неровность, поверхности поля [41, 88], заделки семян, плотность почвы в семенном слое, определение влажности почвы.

Методика исследований прикатывающего катка

Испытания прикатывающего катка проводились в полевых условиях учхоза «Кубань» КУБГАУ одновременно с посевом озимой пшеницы агрегатом МПА с закрепленным к нему катком с изменением массы грузов (0; 10; 20; 40; 60 кг) по предшественнику люцерны при скорости (2; 10; 15 км/ч) с изменением влажности почвы (10; 15; 22 %). Целью проведения опыта является выявление зависимости плотности почвы после винтового катка КВШ:

- от влажности (10; 15; 22 %); от массы груза (20 кг; 40 кг; 80 кг);
- от рабочей скорости (2 км/ч; 10 км/ч; 15 км/ч).

Планировалось выявить закономерность изменений плотности почвы в семенном слое от массы груза и скорости и влияние МПА на урожай зерна пшеницы. Измерения проводились в 10 кратной повторности при меняющихся условиях. Плотность почвы определялась в полевых условиях после прохода катка по полю. Наиболее распространенным методом определения плотности почвы является буровой. Плотность определена при помощи специального бура на контрольном и опытном участке по глубины среза почвы 2–3, 4–6, 14–16 см в десятикратной повторности вблизи мест определения твердости и влажности.

Измерения, при проведении опыта:

- плотность почвы в семенном слое;
- скорость работы агрегата;
- глубина обработки;

Методика определения условий испытаний машин (влажность почвы, твердость почвы, плотность почвы, глубина обработки, заделка семян)

Определение влажности почвы. Проведение замеров влажности почвы проводилось двумя способами в полевых условиях при помощи Delta-T SM 150 и классическим лабораторным методом. Сравнение результатов показало единство полученных значений. Образцы почвы для измерения влажности

извлекались буром для почвы на установленной глубине в повторностях 5 изъятий в определенном наделе почвы опытного отрезка, контрольного отрезка. Определение влажности измерялось по усредненному заборному грунту. Извлеченный грунт размещается в металлическую форму, Замер весовых показателей осуществляется в условиях лаборатории, дальнейшая операция сушка в сушильном шкафу. В сушильном шкафу извлеченные образцы грунта просушивают. Следующая операция проводится после полного остывания грунта с опыного и контрольного надела. Полученная разность масс бюксы с грунтом до проведения данных манипуляций, которое содержится в образце почвы, по разнице массы бюксы с высушенной почвой и пустой – массу сухой почвы [41].

Влажность почвы W , % определяли по формуле 3.1 и заносили в таблицу 3.1:

$$W = \frac{a}{b} \cdot 100 \%, \quad (3.1)$$

где a – это масса испарившейся воды, г;

b – масса абсолютно сухой почвы, г.

Коэффициент гигроскопичности определяется по формуле (3.2) [3]:

$$ГВ = \frac{b-c}{c-a} \cdot 100, \quad (3.2)$$

где ГВ – гигроскопическая влажность;

a – масса пустого стаканчика;

b – масса стаканчика с воздушно-сухой почвой, г;

c – масса стаканчика с абсолютно-сухой почвой, г.

$$K_{ГВ} = \frac{100}{100 - ГВ}$$

или

$$K_{ГВ} \frac{100 + ГВ}{100}$$

Определение твердости почвы – свойство почвы в естественном состоянии сопротивляться сжатию и расклиниванию. Твердость почвы оказывает механическое сопротивление развивающейся корневой системе растений, часто обуславливает снижение всхожести семян, влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, тяговое сопротивление почвообрабатывающих машин и орудий [41, 88]. Твердость почвенного грунта промерялась прибором почвенным твердомером (рисунок 3.1) в месте проведения замеров показателей влажности на делянках по пятну на глубину 2–3; 4–6; 14–16 см по каждому опыту в 20 кратной повторности.

Твердость почвы определяется по формуле (3.3):

$$P = \frac{h_{ср} - g}{s}, \quad (3.3)$$

где $h_{ср}$ – величина средней ординаты диаграмм твердости, см;

g – масштаб пружины, кг/см;

s – площадь поперечного сечения плунжера, см.

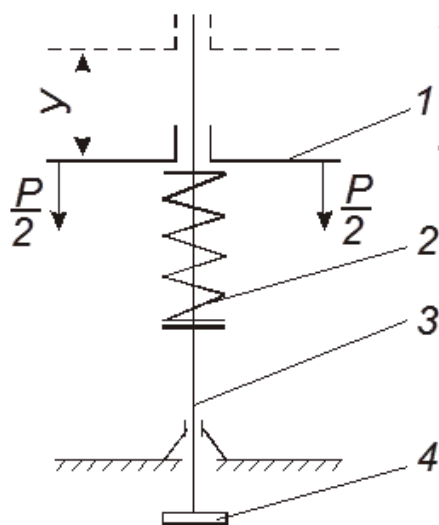


Рисунок 3.1 – Твердомер конструкции Ревякина:
1 – ручка, 2 – пружина, 3 – штанга, 4 – наконечник

Средняя ордината определяется планиметрированием диаграммы и рассчитывается по формуле (3.4):

$$h_{\text{ср}} = \frac{F}{L}, \quad (3.4)$$

где $h_{\text{ср}}$ – величина средней ординаты диаграмм твердости, см;

F – площадь диаграммы, мм²;

L – длина диаграммы, мм, или измерением ряда ординат через 1 см длины диаграммы и вычислением их среднего арифметического значения.

При определении твердости используют тарированный график плотномера.

Плотность почвы определяли в полевых условиях при естественном сложении и после прохода катка. Наиболее распространенным методом выявления плотности почвы буровым . Определение плотности осуществлялось с помощью специализированного бура в месте сбора образцов по разным глубинам почвы 2–3, 4–6, 14–16 см в десятикратной повторности.

Отбор проб на плотность осуществлялся специальным оборудованием (рисунок 3.3). Объем изъятой почвы отправляют в лабораторию для проведения взвешивания, сушки. Объем взятого образца почвы определяют умножением площади режущей части бура на его высоту. Разделив массу сухой почвы на объем образца, получают объемную массу [41], г/см³:

$$p = \frac{b}{V}, \quad (3.5)$$

где b – масса образца почвы после сушки при температуре 105 °С до постоянной массы, г;

V – объем образца взятой почвы, см³.

Полученные данные обрабатывают как среднее арифметическое ряда плотности.

Набор для определения плотности почв, разработанный Н. А. Качинским (рисунок 3.2), состоит из стальных цилиндров-буров *1* объемом 100 см^3 и около 500 см^3 *2* для взятия образца; направителя *10* для вертикального погружения цилиндра (малого) в почву; шомпола *8* для вдавливания цилиндра в почву; молотка *3* для забивания цилиндра в случае взятия образца из уплотненного горизонта; ножа *9*, лопаточки *7* и совка *6* для выемки цилиндра с почвой и удаления излишков почвы, алюминиевых банок с крышками *4, 5* для хранения взятого почвенного образца.

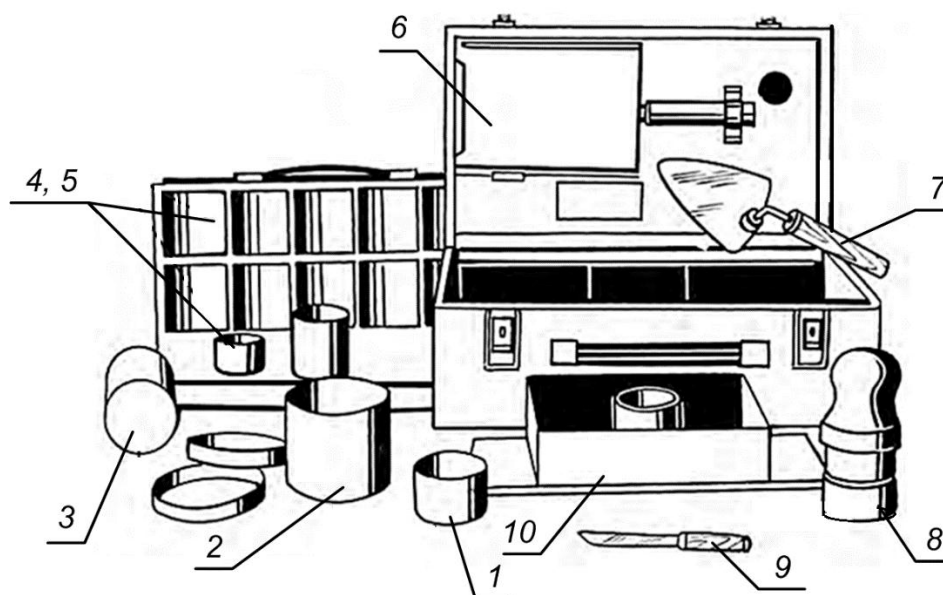


Рисунок 3.2 – Структурная схема инструмента определения плотности

Определение глубины обработки почвы (рисунок 3.3) рабочими органами проводится измерительным щупом до упора в обработанный слой почвы после прохода рабочего органа на контрольном отрезке и на опытном участке. Измерения проводятся в сорокакратной повторности на отрезке через каждый метр обработанного участка. Неравномерность плоскости поля вычисляют по оценке измерений размера гребней, образованных на плоскости.

Возвышенность гребней обмеряют рейкой с применением линейки после движения МПА по его ширине, укладывается планка на возвышенности гребней, отобранных по произвольному порядку не реже чем через 1 метр.

Проведения замера от дна борозды до нижней части реки. Погрешность измерений при данном способе измерения ± 5 мм [41]. Всего измерения не менее 40.



Рисунок 3.3 – Внешний вид определение глубинны обработки почвы

Заделка семян определялась методом непосредственного нахождения их в слое пахотного грунта поля не позднее дня проведения операции посева. Для определения заделки семян в почве в день посева на прямом проходе сеялки ставят колышки (метки) по расположению рабочих органов сеялки. Размечаются 6 площадок на опытном участке и 6 площадок на контрольном участке поверхности поля. Размер и площадь выбранных площадок должен обеспечивать возможность проведения не менее 20 замеров для каждого сошника находящегося вне колеи колес трактора и сеялки.

Для измерения качества заделки семян проводится вскрытие рядков, по слоям проводится срез почвы поперек хода рабочего органа сеялки до нахождения первых семян. Со стороны поверхности грунта вдоль рядка прикладывают измеряющую линейку так, чтобы один ее край расположился над рядом раскопанных зерен, проводится измерение расстояние от семян до нижней стороны линейки. Проводится не менее 15 измерений по каждому рабочему органу (рисунок 3.4). Данные измерения проводились по опытными

и контрольным участкам, полученные данные анализировались с целью получения объективной картины заделки семян в семенном ложе. анализ полученные данные представлен в диссертации на рисунке (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Срез слоя почвы для определения качества заделки семян

В дополнение проводится вычисление глубины заделки семени как правило по двум сошникам, проходящие в след калии трактора, сеялки, сцепки, по методу случайного выбора. Выборок проводится не менее 20. Результаты записываются с пометкой «по следу колес трактора» и « по следу колес сеялки». В итоге проведенных измерений глубины заделки вне следа и по следу определяют среднее квадратичное отклонение [23]. При измерении качества заделки семян параллельно проводятся практическая проверка внесения удобрений по предлагаемой технологии с использованием той же методики.

Крошение почвы определяется по пробам, отбираемым в четырех точках участка с площадью $0,25 \text{ м}^2$ на глубину переработки не ранее, чем через 60 минут по окончанию работы МПА. Для определения крошения почвы пробы разделяют по размерам. Образцы интегрируют в комплект решет с различными размером отверстий, соответствующими образцам грунта. Пройдя процесса отсеивания содержимое каждого решета необходимо взве-

суть с определенной погрешностью не более ± 50 г, в дальнейшем проводится вычисление массовой доли фракции [5].

$$P_{ki} = \frac{m_i}{m_0} \cdot 100 \%, \quad (3.6)$$

где m_i – масса 1 фракции в пробе, кг;

m_0 – общая масса пробы, кг.

Пробы разделяют на различные фракции: 0,04 м; 0,04–0,08 м; выше 0,08 м. Крошения почвенных выемок вычитывается как отношение массы фракции образца менее 0,04 м к общей массе грунта.

Пятикратная повторность определения глубины обработки почвы, десятикратная остальных агротехнических показателей .

Методика динамометрирования прикатывающего катка

Динамометрирование прикатывающего катка проводилось опытным путем в полевых условиях с использованием динамометр ДПУ 01-2 УХЛ 4.2 который закреплялся на задней балке сеялки СЗТ-3.6 а другой стороной устанавливается прицепное устройство спирального катка в рабочем режиме на скорости 7–8 км/ч были получены данные в 5 повторности на опытном участке работы рабочего органа.

Принцип работы динамометр ДПУ 01-2 УХЛ 4.2 регламентируется ГОСТ 52777-2007, представлен на рисунке 3.5.

Динамометр представляет собой специальное устройство, предназначенное для измерения показателей силы. Этот измерительный прибор способен определить усилие либо силу, с которой один объект действует на другой.

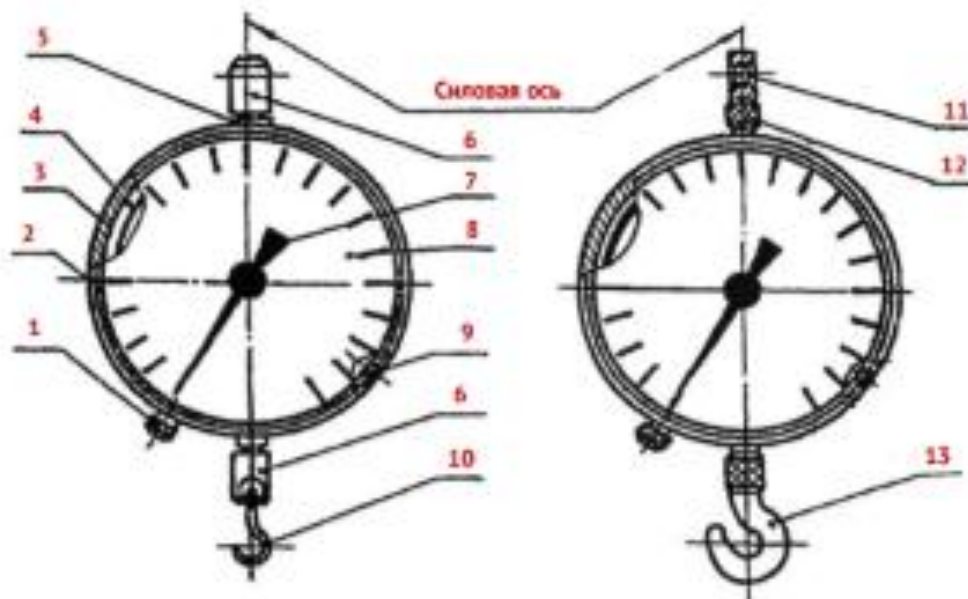


Рисунок 3.5 – Схема динамометра ДПУ-01.3:
 1, 9 – винты; 2 – обод; 3 – корпус; 4 – скоба упругая; 5 – болт; 6 – серьга;
 7 – стрелка; 8 – шкала; 10 – крючок (съёмный); 11 – серьга (съёмная);
 12 – гайка; 13 – крюк (съёмный)

3.2 Методики проведения экспериментальных исследований.

Оборудование, приборы и аппаратура, применяемые в исследованиях

Опыт заложен на опытном поле учхоз «Кубань» по предшественнику люцерна. Схема опыта на рисунок 3.6 с применением многофункционального агрегата (МПА). Проводимые допосевные работы вспашка почвы на глубину 22 см, две культивации КПС-4, дискование, были проведены в срок с высоким качеством. В октябре проведено выравнивание и посев пшеницы, а весной 2 подкормки.

Удобрения, применяемые при опыте: амофос, хлористый калий, мочеви́на.

Дозы удобрений по действующему веществу (д. в.) по вариантам приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.2 – Дозы удобрений по вариантам

№ пп	Виды посевных работ	Контроль				Опыт			
		N	P	K	Всего	N	P	K	Всего
1	Основное внесение удобрений под обработку	50	60	60	170	50	60	60	170
2	Стартовая доза при посеве	–	30	–	30	–	30	–	30
3	Весенняя подкормка	40	–	–	40	40	–	–	40
Итого		90	90	60	240	90	90	60	240

Посев проведен сеялкой СЗТ-3.6. Половина сеялки (контроль) без изменений, половина (опыт) по нашей схеме с одновременным внесением основной дозы минеральных удобрений на глубину 16–18 см с одновременным прикатыванием. Схема опыта представлена на рисунке 3.6:

Опыт был заложен по методике Б. А. Доспехова в учхозе Кубанского ГАУ (рисунок 3.6). На контрольном участке 2 вручную было внесено основное удобрение (N30P30K30), а затем проведена вспашка всех участков (опытного и контрольного) поля на глубину 22 см отвальным плугом. Опыты заложены в 3-кратной повторности, обозначенной вешками на определенном расстоянии от края поля: 1-я повторность – 50 м, 2-я – 47,4 и 3-я – 43,8 м (рисунок 3.6)

Площадь каждой засеянной делянки – 54 м².

После вспашки на всем поле вместе с опытными участками проводилась сплошная культивация с боронованием на глубину 6 см, а затем в октябре – предпосевная на глубину 4–6 см. Посев проведен 15 октября на всем поле по схеме опыта (см. рисунок 3.6).

Урожайность на участках определялась в 3-кратной повторности методом пробных площадок (1 м²), взвешиванием зерна после обмолота снопов.

Анализ результатов опыта по преимуществу опытной технологии посева озимой пшеницы перед существующей приведен в 4 главе.

Урожайность определена по пробным снопам с площади 1 м² в трехкратной повторности на опыте и контроле:

- количество продуктивных стеблей; длина колоса;
- масса зерна с одного колоса;
- масса зерна снопа с 1 м² в 3-кратной повторности.

Методика обработки полученных опытных данных.

Обработка экспериментальных данных ведется методами наименьших квадратов с целью получения аналитической функции вида $R_{ka}(V)$ [23].

Вычисляют выборочные характеристики [23]:

а) математическое ожидание (3.7):

$$M_{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (3.7)$$

где X_i – характеристика измеряемой величины;

n – число измерений;

б) дисперсия (3.8):

$$D_{(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - M_{(x)})^2}{n-1}, \quad (3.8)$$

в) среднеквадратическое отклонение (3.9):

$$\sigma_{(x)} = \pm \sqrt{D_{(x)}}, \quad (3.9)$$

г) коэффициент вариации (3.10):

$$v = \frac{\sigma_{(x)}}{M_{(x)}}, \quad (3.10)$$

д) максимально возможная статистическая ошибка (3.11):

$$\Delta = \frac{\pm 3\sigma(x)}{M(x)}, \quad (3.11)$$

Отсев грубых погрешностей наблюдений при $n \leq 25$ производится по формуле (3.12):

$$\Delta = \frac{(X_i - M(x))}{D(x)} \cdot T_{1-p}, \quad (3.12)$$

где X_i – крайний (наибольший или наименьший) элемент выборки, по которой подсчитывались значения $M(x)$ и $D(x)$;

T_{1-p} – табличное значение квантиля распределения статистики, вычисленного при доверительной вероятности $q = 1 - p$.

Отсев грубых погрешностей для выборок $n > 25$ производится при помощи таблицы распределения Стьюдента. При отсеве грубых погрешностей использовался уровень значимости $P = 0,10$ (90 % – доверительная вероятность).

Экспериментальные данные аппроксимируются методом наименьших квадратов [41, 23, 3].

Прежде всего, необходимо нанести на координатную сетку данные опыта и провести через полученные точки кривую таким образом, чтобы она по возможности близко проходила от всех экспериментальных точек. Количество точек выбирается с учетом следующих правил:

1. Каждый перегиб кривой должен быть описан по меньшей мере тремя опытами, а каждый участок близкий к прямолинейному – двумя опытами. Близко к назначенным пределам следует поставить два «концевых» опыта.

2. Если требуется установить не только общие закономерности, но и возможно более точно численные значения функций, каждый перегиб кривой должен быть обоснован минимум пятью опытами.

При этом необходимо не только учитывать физическую сущность рассматриваемого процесса, но и использовать соображения о том, как должна вести себя кривая в некоторых характерных точках, а именно: при значениях аргумента, близких к нулю: может ли кривая проходить через начало координат, пересекает ли она координатные оси, имеет ли асимптоты и т. д. Таким образом, первый этап математической обработки данных состоит в выборе эмпирической формулы, графическое изображение которой согласуется в общих чертах с размещением экспериментальных точек на координатной сетке.

Задачей дальнейшей математической обработки является определение числовых значений входящих в формулу параметров. В большинстве случаев зависимость между переменными можно задать множеством эмпирических формул, и только глубокое знание физической сущности изучаемого процесса позволяет остановиться на одной из них.

Метод подбора числовых значений, входящих в формулу параметров, основан на принципе наименьших квадратов. Сущность метода состоит в том, что из множества возможных эмпирических зависимостей, тип которых уже определен $y = f(x)$, выбирается та, для которой сумма квадратов отклонений, замеряемых по оси y , является наименьшей.

Впервые этот метод предложил Гаусс. Рассмотрим применение метода наименьших квадратов для получения эмпирических формул, описывающих различные формы зависимостей [23].

Проверка адекватности аналитических зависимостей, полученных методом аппроксимации опытных данных, проведена по критерию Кохрена. Обработка полученных экспериментальных данных производится с использованием компьютеров на основе стандартного программного обеспечения [3, 23].

Количество повторений при проведении экспериментальных исследований определяли согласно [3, 23] по соотношению (3.13):

$$\frac{tga}{\sqrt{n_i}} = \frac{\varepsilon}{v}, \quad (3.13)$$

где tga – нормальное отклонение, зависящие от доверительной вероятности;

ε – относительная точность.

При исследовании технологических процессов сельскохозяйственного производства вполне достаточна надежность $\alpha = 0,9$, относительная точность $\varepsilon = 0,1$ [41] при величине коэффициента вариации $v = 0,1 \dots 0,2$, поэтому необходимо и достаточно исследовать 5–10 объектов (повторений).

Частная методика проверки на адекватность полученных аналитических зависимостей.

Проверку адекватности аналитической зависимости проводим наложением ее на полученную методом планирования эксперимента и аппроксимированной и экспериментальной функции [81].

Для этого в аналитическую зависимость подставляет оптимальные значения параметра. Проводим расчеты и получаем параметрическую кривую в декартовой системе координат, где по оси (y) – расположен отклик, а по (x) – варьируемый фактор.

Аналогично определяем параметрическую кривую экспериментальной функции и строим ее в той же декартовой системе координат.

Определяем коэффициент перехода от аналитической зависимости к экспериментальной аппроксимированной модели по разработанной нами программе для ПЭВМ.

Необходимым условием при подборе коэффициента перехода функции является определение минимальной суммы квадрата разности отклонений ($\sum_{u=1}^N S_{y_u}^2 - \min$), а разность отклонений определяем по выражению (3.14):

$$S_y = F_T(x) - F_3(x), \quad (3.14)$$

где $F_T(x)$ – соответственно, аналитическая зависимость и $F_3(x)$ – экспериментальная.

После выполнения заданного условия проверяем на адекватность аналитическую зависимость по критерию Кохрена. Аналитическая зависимость адекватна, если выполняется условие (3.15):

$$G_{\text{расч}} \leq G_{\text{табл}}, \quad (3.15)$$

Определяем расчетный критерий Кохрена ($G_{\text{расч}}$) по выражению (3.16):

$$G_{\text{расч}} = \frac{S_{y_u, \text{max}}^2}{\sum_{u=1}^N S_{y_u}^2}, \quad (3.16)$$

где $S_{y_u, \text{max}}^2$ – квадрат разности максимального отклонения;

$\sum_{u=1}^N S_{y_u}^2$ – сумма квадратов разности отклонений.

Определяем величину степени свободы по выражению:

$$f = N - 1, \quad (3.17)$$

$$N = \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{\Delta} + 1, \quad (3.18)$$

где X_{max} – максимальное значение абсциссы;

X_{min} – минимальное значение абсциссы;

f – степень свободы;

Δ – величина шага изменения абсциссы.

При этом должно выполняться условие $\frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{\Delta} + 1$ равно целому числу. Полученную величину расчетного критерия ($G_{\text{расч}}$), сравниваем с табличным значением коэффициента Кохрена, выбранного по таблице приложения IV или кубическому сплайну (рисунок 3.10) при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и рассчитанной степени свободы f .

Функция адекватна, если выполняется условие (3.16). В противном случае необходимо изменить коэффициент перехода или определить ошибку

аналитической зависимости. Могут оказывать влияние неучтенные динамические факторы.


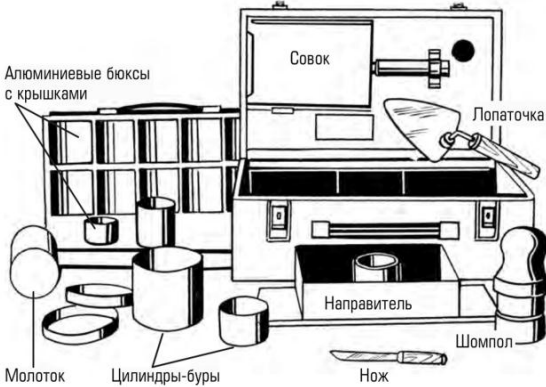

Оборудование, приборы и аппаратура, применяемые в исследованиях.

В таблице 3.3 приведены приборы и оборудование используемые при исследовании.


Таблица 3.3 – Приборы и оборудование

№ пп	Замеряемые параметры	Прибор	Характеристики
1	Глубина вспашки, глубина культивации	Глубиномер цифровой 300	<ul style="list-style-type: none"> – Диапазон Измерения: 300 мм; – Дискретность: 0,01 мм (0,0005"); – Длина моста: 100 мм; – Поперечное сечение рельса и измерения: 14,5 × 4 мм 


Продолжение таблицы 3.3

№ пп	Замеряемые параметры	Прибор	Характеристики
2	Влажность почвы	Классическим лабораторным способом и Delta-T SM 150	ГОСТ 28268-89 
3	Плотность почвы	Набор для определения плотности почв, разработанный Н. А. Качинским	ГОСТ Р 53228-2008 
4	Гребнистость поля	Линейка 1000 мм, линейка 300 мм	ГОСТ 427-75 

Продолжение таблицы 3.3

№ пп	Замеряемые параметры	Прибор	Характеристики
5	Твердость почвы	SC900 Soil	<p>– Единицы измерения: Конус Index (PSI или кПа);</p> <p>– Разрешение: 1 В (2,5 см), 5 PSI (35 кПа);</p> <p>– Точность: ± 0,5 В (1,25 см) Глубина, ± 15 PSI (103 кПа);</p> <p>– Диапазон: от 0 до 18 В (от 0 до 45 см), от 0 до 1000 PSI (от 0 до 7000 кПа);</p> <p>– Аккумулятор / срок службы: 4 щелочные батареи типа AAA, около 12 месяцев работы;</p> <p>– Data Logger Емкость: 772 анкеты без GPS; 579 профилей с GPS;</p> <p>– Новое в 2012 г. – включает в себя 1/2" и 3/4" конус наконечника;</p> <p>– Новое в 2012 г. – Улучшена обработка погрешности;</p> <p>– Принимает показания уплотнения на глубину 18" (45 см);</p> <p>– Эксклюзивный ультразвуковой датчик фиксирует показания глубины в 1 случае (2,5 см) шагом;</p> <p>– Сопротивление проникновению измеряется внутренним датчиком нагрузки;</p> <p>– Данные уплотнения отображаются в PSI или кПа (1 PSI = 6,9 кПа)</p> 

Продолжение таблицы 3.3

№ пп	Замеряемые параметры	Прибор	Характеристики
6	Динамометрирование	ДПУ 01-2	<p>ГОСТ Р52777-2007. Технические характеристики: – Пределы измерений 0,1–0,005 kN; – Класс точности 2; – Пределы погрешности ± 2; – Порог реагирования 0,5 % наибольшего измерения; – Срок службы 10 лет</p> 

Методика планирования эксперимента к оптимизации параметров и режимов работы прикатывающего спирально-винтового катка.

Оптимизация плотности почвы от массы балластного груза и режимов работы спирально-винтового катка методом планирования эксперимента.

Планирование эксперимента включает выбор плана, отвечающего заданным требованиям [2, 3, 26, 72]. Необходимо установить число и условия проведения опытов, необходимых для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Выбор типа плана зависит от выбранной математической модели, числа факторов и цели исследования. Задача планирования – свести

к минимуму ошибку эксперимента, получить неискаженную оценку ошибки и неискаженные оценки эффектов основных факторов.

При планировании эксперимента задавались следующими величинами: надежностью результатов опыта $\alpha = 0,95$; допустимой ошибкой $E = \frac{3G}{\tau_{3\sigma}[2]}$.

Приняли число повторностей опытов, равное трем.

Задачей исследования было изучение влияния конструктивных и режимных параметров спирально-винтового катка (далее катка) на качественные показатели процесса уплотнения почвы сразу после прохода сошников зерновой сеялки. Кроме плотности почвы после прохода катка изучали также выравненность и гребнистость поверхности поля.

При составлении плана эксперимента выбрали независимые факторы, исходя из предварительного изучения объекта исследования, а с учетом патентной и другой научно-технической литературы были выбраны факторы и уровни их варьирования (таблица 3.4).

Для оптимизации конструктивных и режимных параметров прикатывающего спирально-винтового катка использовали Вк (план). Анализировали воздействие двух факторов, и находили их значение на оптимальных значениях. Факторы, интервалы и уровни варьирования представлены в таблице 3.4

Таблица 3.4 – Факторы, интервалы и уровни варьирования

Факторы	Кодированный интервал	Уровни варьирования	Уровни факторов		
			-1	0	+1
Скорость движения агрегата V , км/ч	x_1	4	4	8	12
Дополнительный груз G , кг	x_2	20	20	40	80

В качестве критерия оптимизации (отклика) принята плотность почвы в прикатанном слое, которая зависит от балластного груза на раме катка и рабочей скорости движения агрегата при определенной влажности почвы.

В итоге уровни факторов выбраны, чтобы оптимальные их значения, рассчитанные теоретически или с учетом существующих ограничений, попадали в центр интервала варьирования.

Максимальными значениями первого фактора являлось значение рабочей скорости движения агрегата $V_p = 12$ км/ч, минимальное 4 км/ч и среднее 8 км/ч, что и соответствовало интервалу ее варьирования в центре плана равным 4 км/ч.

Максимальным значением для второго фактора являлся значение балластного груза на раме катка, равный $G = 60$ кг которое снижалось до минимального 20 кг. Среднее значение составляло 40 кг, что соответствовало интервалу варьирования в центре плана, равного 20 кг. Ширина захвата катка 1 м.

Основной уровень массы катка с балластным грузом ($x_1 = 40$ кг) выбран с учетом предварительных исследований при испытании катка в полевых условиях. Нижний ($x_1 = 20$ кг) и верхний ($x_2 = 60$ кг) уровни варьирования соответствовали минимально допустимой и максимально возможной плотности почвы для озимой пшеницы. Согласно требованиям системы земледелия варьирования для озимой пшеницы на выщелоченном черноземе оптимальная плотность (г/см^3) должна составлять 1,22–1,30 [108]. С помощью балластных грузов мы установили нижний ($1,22 \text{ г/см}^3$) и верхний предел ($1,3 \text{ г/см}^3$) плотности почвы в посевном слое.

Варьирование второго управляемого фактора скорость движения агрегата устанавливаем с учетом соблюдения агротребований по качеству посева пшеницы и производительности агрегата. Нижний уровень (4 км/ч) выбран с учетом производительности, а верхний (12 км/ч) – с учетом качества заделки семян по глубине. При скорости движения сеялки выше 12 км/ч повышается неравномерность глубины заделки семян, что ощутимо сказывается на урожайности.

Выбранные факторы оказывают непосредственное влияние на агротехнические показатели работы, и не являются функциями других факторов. Они так же отвечают требованиям совместимости и независимости.

При проведении опытов очень важно избежать систематических ошибок. Это достигается рандомизацией опыта.

Обработка результатов экспериментальных исследований производилась методами общей теории статистики и теории планирования эксперимента [2, 3, 7, 13, 15–17, 112] в соответствии с ГОСТ 8.207-76.

Другие конструктивные управляемые факторы прикатывающего катка в работе не использовались, так как они не являются определяющими для качественного прикатывания. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3.5

Таблица 3.5 – Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Факторы				Отклик	
	V_p , км/ч	G , кг	x_1	x_2	P , г/см ³	
1	12	60	+1	+1	1,22	ПФЭ
2	4	60	-1	+1	1,11	
3	12	20	+1	-1	0,96	
4	4	20	-1	-1	1,01	
5	12	40	+1	0	1,41	Звездные точки
6	4	40	-1	0	1,36	
7	8	60	0	+1	1,04	
8	8	20	0	-1	0,86	
9	8	40	0	0	1,26	Центр плана

Порядок проведения опытов выполнялся согласно таблице случайных чисел. Результаты экспериментальных исследований по определению качественных показателей и оптимизации параметров процесса обработали по известным методикам [68–69, 48, 122–125, 117].

После математической обработки экспериментальных данных получили следующее уравнение регрессии с действительными коэффициентами:

$$Y = D_0 + D_1X_1 + D_2X_2 + D_{12}X_1X_2 + D_{11}X_{12} + D_{22}X_{22}, \quad (3.19)$$

где $D_0 = 0,463$; $D_1 = -0,14$; $D_2 = 0,062$; $D_{12} = 5 \cdot 10^{-4}$; $D_{11} = 7,813 \cdot 10^{-3}$;

$D_{22} = -7,75 \cdot 10^{-4}$ – действительные значения коэффициентов уравнения регрессии.

Центр плана $X_1 = 8$ км/ч, а $X_2 = 40$ кг.

После преобразования действительных значений коэффициентов уравнения регрессии в нормализованные, учитывая уравнения перевода, получим:

Уравнения перевода

$$X_1 = \frac{X_1 - X_{01}}{\Delta_1}, \quad (3.20)$$

$$X_2 = \frac{X_2 - X_{02}}{\Delta_2}. \quad (3.21)$$

Нормализованные значения коэффициентов уравнения регрессии будут:

$$b_0 = 1,243; b_1 = 0,020; b_2 = 0,080; b_{12} = 0,040; b_{11} = 0,125; b_{22} = -0,310.$$

После расчета коэффициентов проверяли гипотезу об их статистической значимости по критерию Стьюдента. Все коэффициенты уравнения регрессии оказались статистически значимыми.

Уравнения регрессии с нормализованными коэффициентами примет вид:

$$y = 1,243 + 0,020x_1 + 0,080x_2 + 0,040x_{12} + 0,125x_1^2 - 0,310x_2^2, \quad (3.22)$$

Проверку адекватности полученного уравнения провели по критерию Фишера, сравнивая полученное значение с табличным, оно не превышает его.

Дисперсию опыта определили из дополнительно проведенных опытов в центре плана в количестве 5 повторностей.

$$F_p < F_t, \quad 1,065 < 6,04. \quad (3.23)$$

Для нахождения оптимальных значений исследуемых факторов найдем частные производные уравнения (3.22) по факторам.

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dx_1} = 0,02 + 0,04x_2 + 0,25x_1 \\ \frac{dy_1}{dx_2} = 0,08 + 0,04x_1 - 0,62x_2 \end{cases}, \quad (3.24)$$

Решая систему линейных уравнений (3.23), находим координаты центра поверхности отклика.

$$x_1 = -0,1; \quad x_2 = 0,123.$$

Поверхность изучали с помощью двумерных сечений для более детального представления о поверхности отклика вблизи центра.

Подставляя найденные значения x_1 и x_2 в уравнение (3.22), определяем значение параметра оптимизации в центре поверхности отклика: $Y_0 = 1,25$.

Угол поворота осей равен $2,63^\circ$, т. е. уравнение (3.22) не имеет парных взаимодействий, а коэффициенты регрессии в канонической форме равны $B_{11} = 0,126$; $B_{22} = -0,311$.

Инварианты $J_1 = -0,158$; $J_2 = -0,185$;

Уравнение регрессии в канонической форме:

$$Y - 1,25 = 0,126X_1^2 - 0,311 X_2^2. \quad (3.25)$$

Коэффициенты канонического уравнения регрессии имеют разные знаки, поверхность отклика является гиперболическим параболоидом, а центр фигуры называется седлом или минимакс.

После подстановки различных значений отклика Y в каноническое уравнение (3.25) было получено семейство сопряженных изолиний.

Анализ результатов оптимизации катка представлен в разделе 3.2.6.

Вероятностная оценка плотности почвы в семенном ложе с применением спирального катка.

При анализе данных, полученных в результате проведенного в учхозе «Кубань» г. Краснодара опыта прикатывания почвы спиральным катком КВШ и последующего сбора информации о ее плотности, было принято, что плотность почвы является непрерывной случайной величиной, распределенной по нормальному закону.

Проведенные расчеты в программной среде MS Excel показали, что сформированная совокупность данных плотности почвы характеризуется математическим ожиданием $M(x) = 1,2456 \text{ г/см}^3$, дисперсией $D(x) = 0,00064$ и стандартным отклонением $\sigma(x) = 0,02533$.

Непрерывные случайные величины задаются функцией распределения вероятностей случайной величины $F(x)$ и функцией плотности вероятностей $f(x)$. Причем по определению $f(x) = F'(x)$. Значение функции распределения вероятностей для конкретного значения x показывает вероятность того, что случайная величина X не превысит x , т. е. $F(x) = P(X < x)$. Это свойство может быть использовано для определения вероятности, что значение плотности почвы после использования спирального катка КВШ будет иметь значение в диапазоне от 1,22 до 1,3 г/см³, который соответствует агротребованиям возделывания основных сельскохозяйственных культур в регионе – пшенице.

Выполненные расчеты показали, что функция плотности вероятностей случайной величины плотности почвы после использования спирального катка КВШ имеет следующий формализованный вид:

$$f(x) = \frac{1}{0,02533\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{(x-1,2456)^2}{2 \cdot 0,000641}\right) = \frac{39,5}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-1,2456)^2}{0,00128}}. \quad (3.26)$$

Выполненные расчеты позволили также определить формализованный вид функции распределения вероятностей анализируемой случайной величины:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{39,5}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-1,2456)^2}{0,00128}} dx = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x-1,2456}{0,0358} \right) \right]. \quad (3.27)$$

Вероятность попадания значения плотности почвы после использования спирального катка КВШ в заданный диапазон [1,22–1,3] была определена в результате следующих расчетов:

$$\begin{aligned} P(1,22 \leq x \leq 1,3) &= \frac{1}{2} \left[\Phi \left(\frac{1,3 - 1,2456}{0,025327} \right) - \Phi \left(\frac{1,22 - 1,2456}{0,025327} \right) \right] = \\ &= \frac{1}{2} [\Phi(2,1479) - \Phi(-1,01078)] = \frac{1}{2} [\Phi(2,1479) + \Phi(1,01078)] = \\ &= \frac{1}{2} [0,96844 + 0,68268] = 0,826 = 80\%. \end{aligned} \quad (3.28)$$

Проведенные расчеты показали, что плотность почвы при использовании спирального катка КВШ будет иметь значение в диапазоне от 1,22 до 1,3 г/см³ с вероятностью равной 82,6 %. На рисунке 3.6 представлено распределение анализируемой случайной величины, полученное в результате имитационного моделирования 500 итераций опыта на основе характеристик, собранных при фактическом опыте прикатывании почвы на посевах пшеницы в условиях учхоза «Кубань». Анализ параметров полученного распределения также подтвердил корректность выполненных выше расчетов.

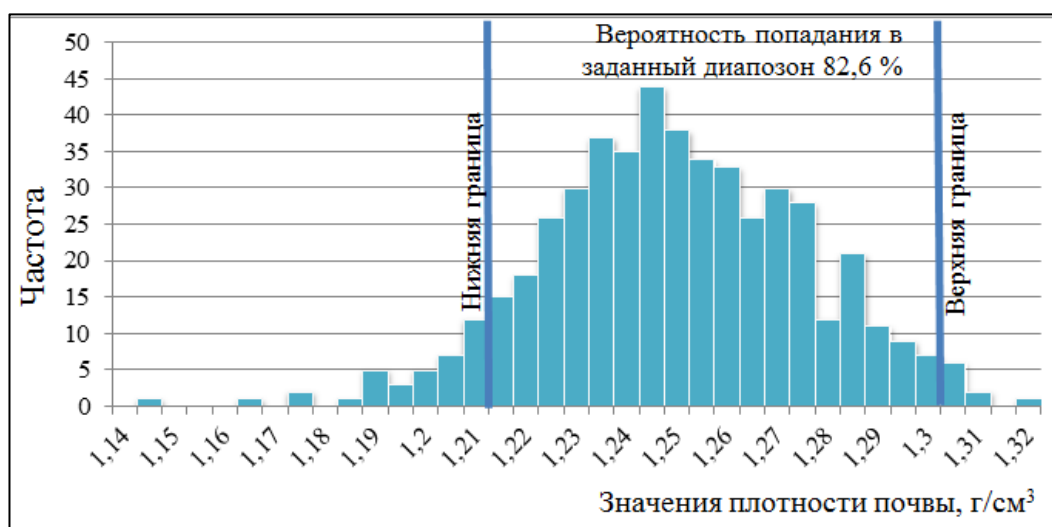


Рисунок 3.6 – Распределение плотности почвы при использовании спирального катка КВШ на прикатывании пшеницы

График функции распределения вероятностей случайной величины плотности почвы при использовании спирального катка КВШ представлен на рисунке 3.7.

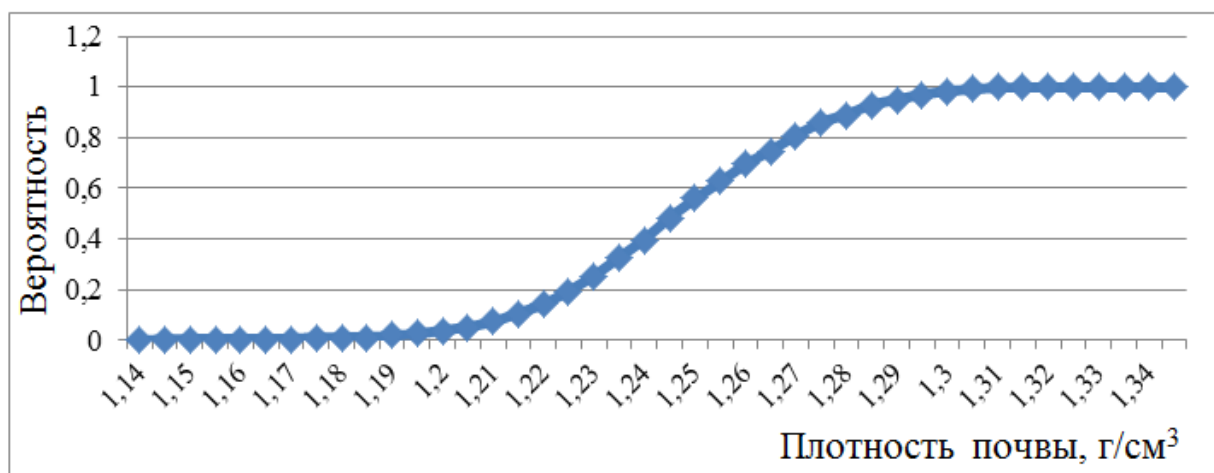


Рисунок 3.7 – Функция распределения вероятностей случайной величины плотности почвы на прикатывании пшеницы спиральным катком

Проведя анализ данных графика «Распределение плотности почвы при использовании спирального катка КВШ на прикатывании пшеницы» и «Функции распределения вероятностей случайной величины плотности почвы на прикатывании пшеницы спиральным катком» отчетливо прослеживается тенденция благоприятного влияния воздействия спирального катка, что в свою очередь создает существенно благоприятные условия для всходов. Математические расчеты доказывают вероятность того, что давление прикатывания именно в диапазоне от 1,22 до 1,3 г/см³ обеспечивает лучшую всхожесть, чем более высокое давление, так как увеличивают вероятность плотности почвы до 82,6 %.

Оптимальные параметры и режимы работы прикатывающего катка.

Во 2-ом разделе теоретических исследований, выполненных методом планирования двухфакторного эксперимента, получено уравнение регрессии (2.1) с действительными и нормализованными (2.4) коэффициентами. Про-

верка на адекватность полученной зависимости плотности почвы, созданной прикатывающим катком, от массы катка и скорости движения агрегата, показала достоверность полученных результатов. Расчетное значение критерия Фишера 1.065 оказалось меньше табличного 6,04.

После решения системы уравнений 2.3 получим координаты центра поверхности отклика: $x_1 = -0,1$ и $x_2 = 0,123$.

Полученные поверхности отклика (рисунки 3.8–3.9) изучали с помощью двумерных сечений (рисунки 3.11). Коэффициенты канонического уравнения регрессии (2.6) имеют разные знаки, поверхность отклика является гиперболическим параболоидом, а центр фигур называется седлом или мини-макс.

После подстановки различных значений отклика y в каноническое уравнение (2.4) было получено семейство сопряженных изолиний (рисунки 3.8–3.9).

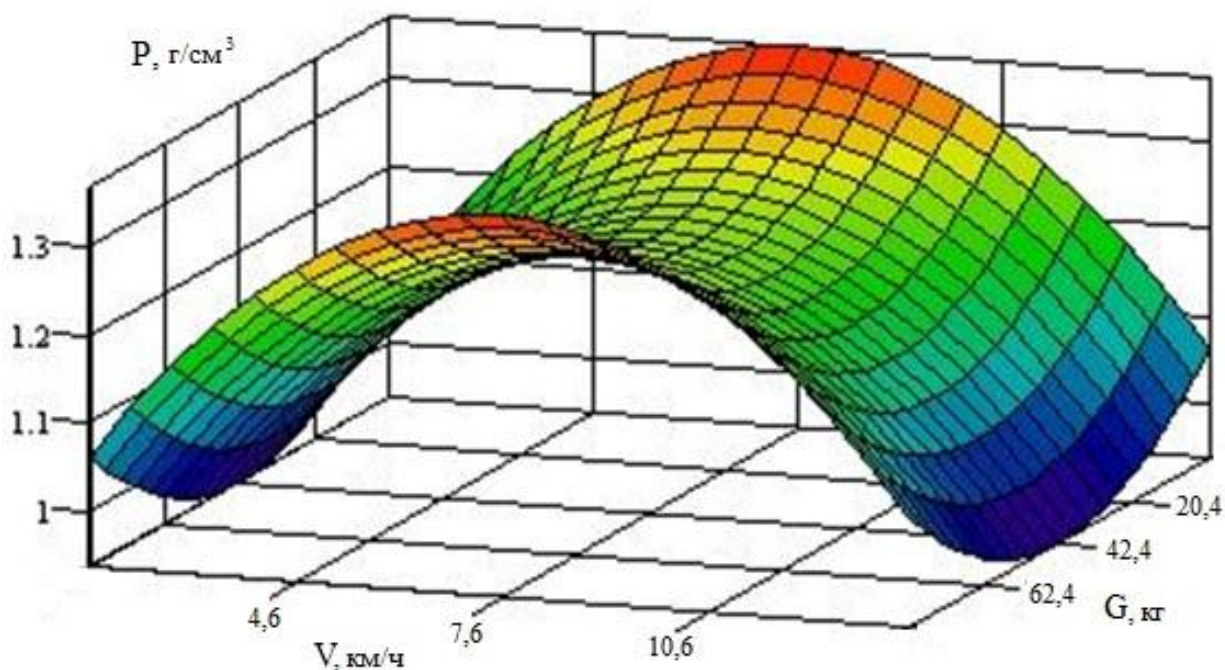


Рисунок 3.8 – Поверхность зависимости плотности почвы от скорости движения агрегата и массы катка

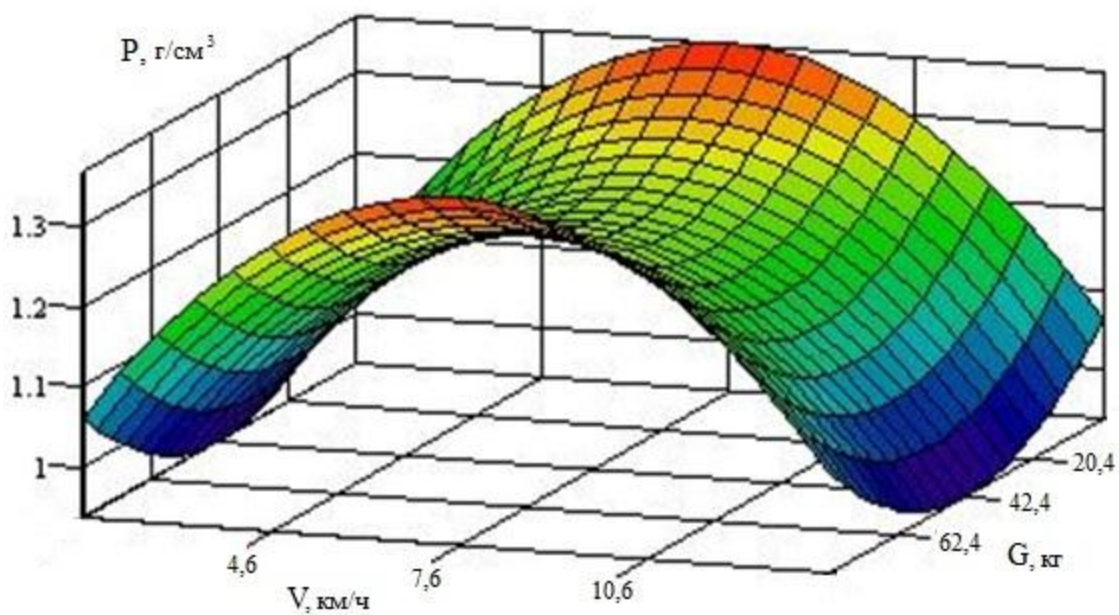


Рисунок 3.9 – Поверхность зависимости плотности почвы в посевном слое при прикатывании озимой пшеницы МПА от скорости движения агрегата и балластного груза

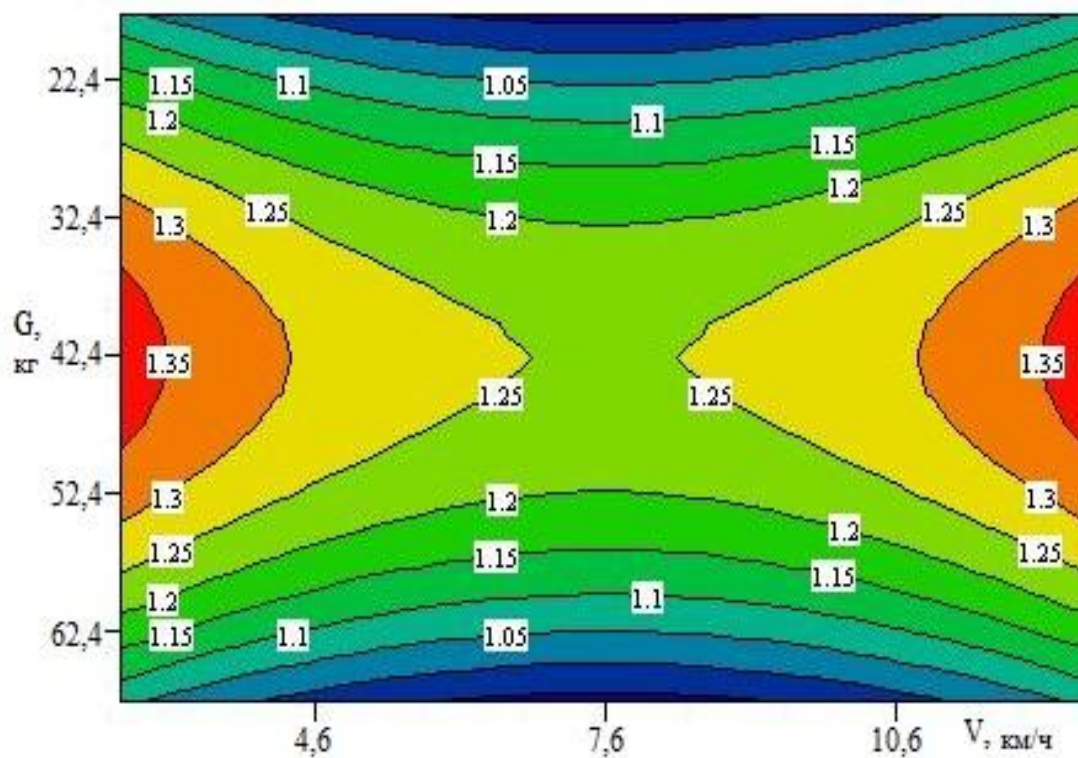


Рисунок 3.10 – Зависимости двумерных сечений плотности почвы в посевном слое при прикатывании озимой пшеницы от скорости движения агрегата и балластного груза

На рисунке 3.11 представлены поверхности отклика в зависимости от скорости движения агрегата и балластного груза, шкалы в натуральных единицах – а) график функций $P = f(G, V_p)$, б) график функции $P = f(V_p G)$.

Центр эксперимента лежит в пределах области эксперимента. Оптимальная плотность почвы в семенном ложе при посеве озимой пшеницы будет равной $1,25 \text{ г/см}^3$ при скорости движения агрегата $7,6 \text{ км/ч}$ и балластном грузе $42,4 \text{ кг}$.

На основании оптимизации параметров и режимов работы спирально-винтового катка методом планирования двухфакторного эксперимента установлено, что центр эксперимента лежит в пределах области оптимума, оптимальное значение плотности почвы в посевном слое при прикатывании посевов озимой пшеницы составило $1,25 \text{ г/см}^3$ при рабочей скорости движения агрегата $7,6 \text{ км/ч}$ и балластном грузе на раме прикатывающего катка $42,4 \text{ кг}$, а с учетом массы катка – $86,4 \text{ кг/м}$.

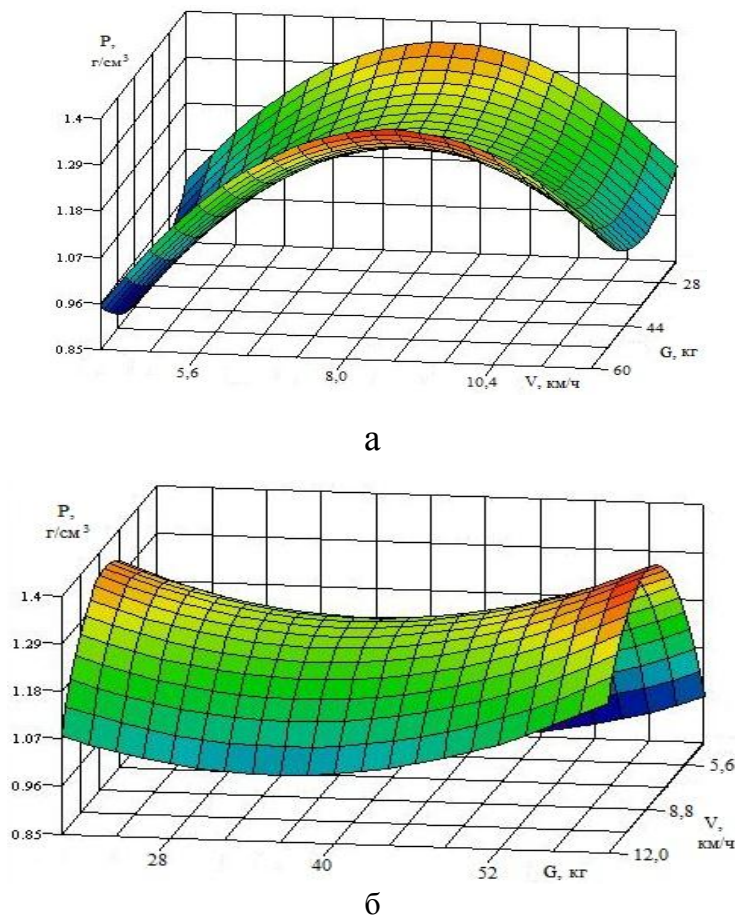


Рисунок 3.11 – Поверхности отклика в зависимости от скорости движения агрегата и балластного груза

В результате работы катков со спиральными винтовыми секциями обеспечивается качественная заделка высеянных семян в почву. При этом прикатанная почва над семенами и под ними обеспечивает приток влаги к ним по капиллярам, а слой вспушенной почвы 2–3 см над прикатанной препятствует испарению влаги из зоны семенного слоя. Вычесанные спиралью катка сорняки и пожнивные остатки из зоны семенного слоя на поверхность защищают почву от эрозии, и способствуют лучшему усвоению дополнительной влаги из атмосферы за счет «сухого полива».

Методика инженерного расчета основных характеристик многофункционального посевного агрегата (МПА).

Методика расчета составлена по результатам теоретических и экспериментальных исследований. Она внедрена в учебный процесс по кафедре эксплуатации Кубанского ГАУ, а также может быть внедрена в производство при внедрении МПА.

С помощью разработанной экспериментальной установки нами заложен мелкоделяночный опыт в 3-х кратной повторности с доведением до урожая по методике Б. А. Дапехова [41]. Схема опыта представлена на рисунке. Опыт заложен в учхозе «Кубань» Кубанского ГАУ сеялкой СЗТ-3,6А, переоборудованной посередине сошниками для основного удобрения по технологической схеме предлагаемого многофункционального агрегата с внесением основного удобрения и прикатыванием специальным катком. До вспашки пласта на контрольных участках 2 (рисунок 3.3) схема опыта внесено основное удобрение вручную ($N_{30}P_{30}K_{30}$), затем проведена вспашка, культивация и посев.

Выбор состава агрегата и определение рабочей скорости его движения

В начале определим тяговое сопротивление МПА [53]:

$$R = n(K_m \cdot B_p + G_n \sin \alpha) + R_{сц}, \quad (3.29)$$

где n – количество машин в агрегате;

K_m – удельное тяговое сопротивление машин, кН;

B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

G_n – вес машины, кН;

$R_{сц}$ – тяговое сопротивление сцепки, кН.

Рациональная скорость агрегата определяется по формуле [53]:

$$V_p = \frac{3,6 \cdot N_e \cdot \eta_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right)}{R_{ар} \cdot G_{тр} \cdot (1 \pm \sin \alpha)}, \quad (3.30)$$

где N_e – мощность двигателя, кВт;

η_m – КПД трансмиссии трактора;

δ – коэффициент буксования трактора;

$R_{ар}$ – тяговое сопротивление агрегата, кН;

$G_{тр}$ – вес трактора, кН.

Зная рабочую скорость, определены производительность МПА за 1 ч. основного времени [53]:

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p, \quad (3.31)$$

где W – производительность агрегата за 1 ч основного времени га/ч;

V_p – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

0,1 – переводной коэффициент.

Определим потребную мощность двигателя трактора для МПА с различной шириной захвата.

$$N_e = 1,16 \cdot K_n \cdot B_p \cdot V_p \cdot \frac{[1 + 0,03(V_p - V_0)]}{3,24}, \quad (3.32)$$

где N_e – номинальная мощность двигателя, кВт;

0,03 – долевой коэффициент приращения мощности от скорости движения агрегата при ее возрастании на 1 км/ч после V_0 , т. е. 5 км/ч.

Теперь, зная ширину захвата B_p , рабочую скорость движения V_p , мощность двигателя трактора N_e и производительность агрегата W_1 , построим номограмму (рисунок 3.12), согласно которой легко подобрать параметры МПА, режим его работы и количество необходимых агрегатов для посева площади 1000 га за оптимальный срок сева озимых 10 дней при продолжительности рабочего дня 14 часов.

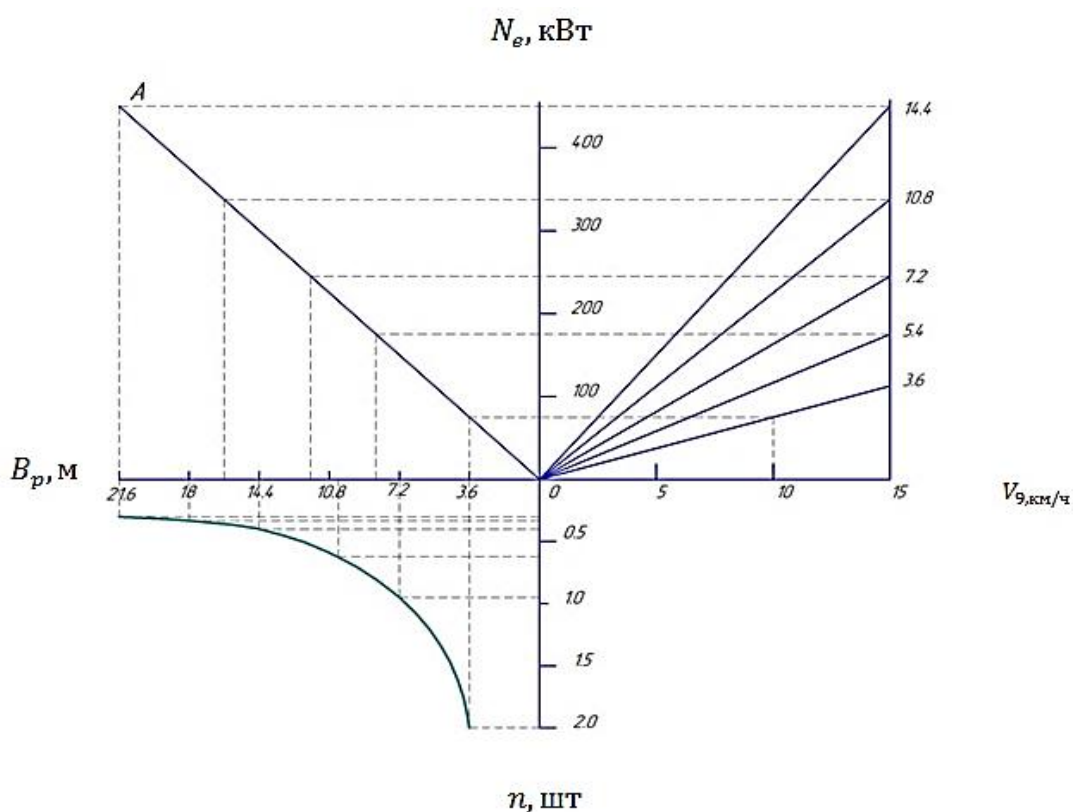


Рисунок 3.12 – Номограмма рационального использования МПА и режимов его работы

На рисунке 3.12 в соответствии с методикой инженерного расчета предложена номограмма рационального состава МПА и его использования. Порядок пользования номограммой следующий. По формуле 3.30 рассчитываем рациональную скорость движения агрегата. От этой точки на оси V_p (рисунок 3.13) взята оптимальная скорость движения МПА шириной захвата 3,6 м. Проводим линию из точки влево до пересечения с прямой, соединяющей начало координат и точки A на пересечении мощности двигателя для

МПА шириной захвата 14,4 м и его производительностью 21,6 га/ч на оси абсцисс. На пересечении линий от скорости 10 км/ч. На зависимости шириной 3,6 м с линии *АО* проводим перпендикуляр вертикально вниз до пересечения с осью абсцисс по каждой работе, а с линией, отражающей зависимость потребности в агрегатах для озимого сева – требуемое количество этих агрегатов. Таким образом, можно для агрегата любой заданной ширины захвата и его рабочей скорости найти его производительность и потребность в машинах.

3.3 Выводы

1. Приведена методика экспериментальных исследований по качеству работы МПА на посеве пшеницы, которая составлена на основе СТО АИСТ 4.1-2010, СТО АИСТ 4.2-2010.

2. По частной методике проведена проверка на адекватность полученных аналитических зависимостей.

3. Математическая обработка результатов экспериментальных исследований выполнялась по методике Г. В. Веденяпин [23] и Б. А. Доспехова [41] и подтвердила достоверность полученных результатов исследований, помещенных в 4 разделе диссертации.

4. Оптимизация прикатывающего катка планированием двухфакторного эксперимента позволила установить его оптимальные параметры и режимы работы. Установлено, что центр эксперимента лежит в пределах области оптимума, оптимальное значение плотности почвы в посевном слое составило $1,25 \text{ г/см}^3$, при рабочей скорости 7,6 км/ч и балластном грузе на раме катка 42,4 кг/м, при влажности почвы 16 %.

5. Вычесанные катком на поверхность почвы из зоны посевного слоя пожнивные остатки и сорняки защищают почву от эрозии и способствуют лучшему усвоению дополнительной влаги из атмосферы за счет «сухого полива».

6. Особенность спирально-винтового катка состоит в том, что он создает прикатанный слой почве над семенами, а сверх него толщиной 2–3 см – вспушенный мульчированный слой с пожнивными остатками из семенного ложа и сорняками. Влага из почвы по капиллярам подходит к семенам в прикатанном слое и остается в нем из-за отсутствия возможности испарения через вспушенный слой.

7. Установлена зависимость удельного сопротивления спирально-винтового катка от скорости движения при различном дополнительном балластном грузе, а также зависимость плотности почвы, созданной катком, от массы балласта.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

4.1 Оптимальные параметры и режимы работы многофункционального посевного агрегата (МПА)

Применяемая на практике технология посева зерновых колосовых культур очень трудоемкая [88]. Перед посевом вносятся минеральные удобрения, после посева проводят прикатывание посевов. На этих операциях занято три вида различных агрегатов с тракторами. Мы предлагаем совместить указанные операции за один проход по полю предлагаемым многофункциональным посевным агрегатом с комплектом рабочих органов для основного и стартового удобрения, высева семян и рационального прикатывания посевов.

Очевидна высокая эффективность такого совмещения операций. Нами поставлена задача – оптимизировать параметры и режим работы предлагаемого агрегата.

Основным методом решения подобных задач является моделирование и оптимизация сложных производственных процессов. В качестве переменных в математической модели приняты: ширина захвата β_p многофункционального агрегата (МПА) с интервалом 1,8–16,2 м; рабочая скорость движения в интервале 5–12 км/ч; емкость бункера для семян и удобрений 1–3 м³ длина гона на поле 0,5–1,5 км. На рисунке 2.5 представлена блок-схема алгоритма оптимизации параметров предлагаемого МПА, а в таблице 4.1 – оптимальные параметры. По минимальному значению критерия оптимизации четырнадцатый оператор выводит на печать результаты расчета, после чего проводится их анализ.

В результате расчетов модели в соответствии с алгоритмом (рисунок 2.5) получаем минимум целевой функции приведенных затрат и оптимальные параметры МПА (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Оптимальные параметры МПА

Параметры	Значения
Ширина захвата β_p агрегата, м	3,6
Рабочая скорость движения V_p , км/ч	10,0
Мощность двигателя трактора N_e , кВт	67,9
Балансовая стоимость трактора C_B^T , тыс. руб.	2623,6
Емкость бункера сеялки V_B , м ³	3,0
Рабочая длина гона L_p , км	1,5
Время цикла работы МПА t_c , ч	0,332
Количество циклов работы за 7 ч, n_c	19,97(20)
Время основной работы T_p в течение смены, ч	5,99
Коэффициент использования времени смены t	0,86
Производительность МПА за 1 час времени смены, га	3,1
Эксплуатационные затраты на выполнение работы МПА $U_э$, руб./га	894
Капиталовложение в МПА, K , руб./га	2675,95
Минимальные приведенные затраты E на выполнение работы МПА, руб./га	1295,43

Анализ результатов расчета позволяет сделать вывод, что минимум критерия оптимизации $E_{min} = 1295,43$ руб./га, определяет оптимальные параметры агрегата (таблица 4.1) и режим работы (рабочая скорость движения посевного агрегата 10 км/ч). Оптимальная мощность двигателя трактора при работе с предлагаемым МПА составит на 67,9 кВт или 92,3 л. с.

Получена зависимость критерия оптимизации E от ширины захвата β_p МПА и скорости движения (рисунок 4.1). Оптимум E приходится на $\beta_p = 3,6$ м и рабочую скорость $v_v = 10$ км/ч. При других параметрах МПА затраты E возрастают.

Получена зависимость критерия оптимизации E от ширины захвата β_p МПА и скорости движения (рисунок 4.1). Оптимум E приходится на $\beta_p = 3,6$ м и рабочую скорость $v_v = 10$ км/ч. При других параметрах МПА затраты E возрастают. Оптимизационные расчеты необходимы для обоснования технического уровня машин [59], особенно при сравнении с зарубежными.

Анализ зависимости производительности W предлагаемого МПА от его ширины захвата β_p и скорости движения V_p позволяет сделать вывод об ее закономерном росте (рисунок 4.2) от увеличения скорости V_p и ширины захвата.

На основании моделирования процессов работы посевного МПА получены зависимости мощности двигателя трактора от рабочей скорости и ширины захвата агрегата (оператор 2 рисунок 2.5), производительности агрегата (оператор 10), а также эксплуатационных и приведенных затрат (операторы, соответственно 11 и 13 рисунок 2.5)

Моделирование рабочего процесса предлагаемого МПА и оптимизация его параметров позволяют сделать вывод о его высокой эффективности. Данный агрегат позволяет совместить три важные технологические операции: внесение основного и стартового удобрения, посев зерновых колосовых и прикатывание посевов спирально-винтовым катком. При ширине захвата МПА 3,6 рабочей скорости движения 10 км/ч, мощности двигателя трактора 67,9 кВт обеспечиваются минимальные приведенные затраты на процесс 1295,43 руб./га.

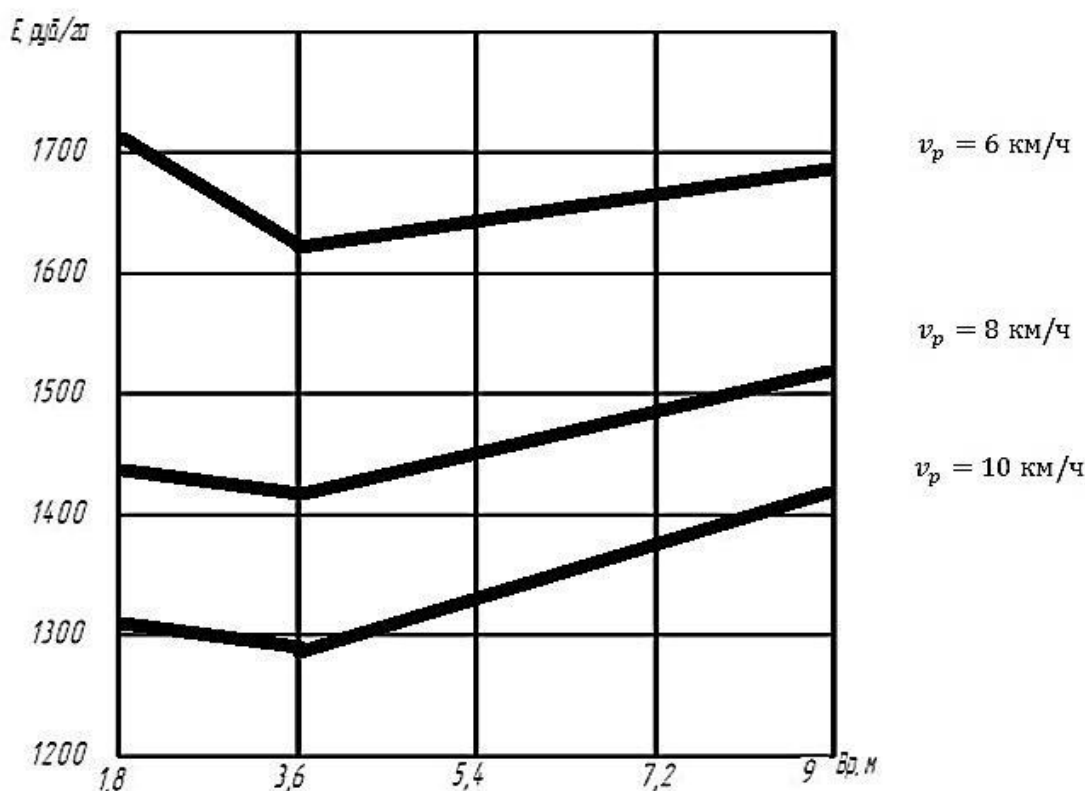


Рисунок 4.1 – График зависимости удельных приведенных затрат E от ширины B_p захвата МПА и скорости движения V_p

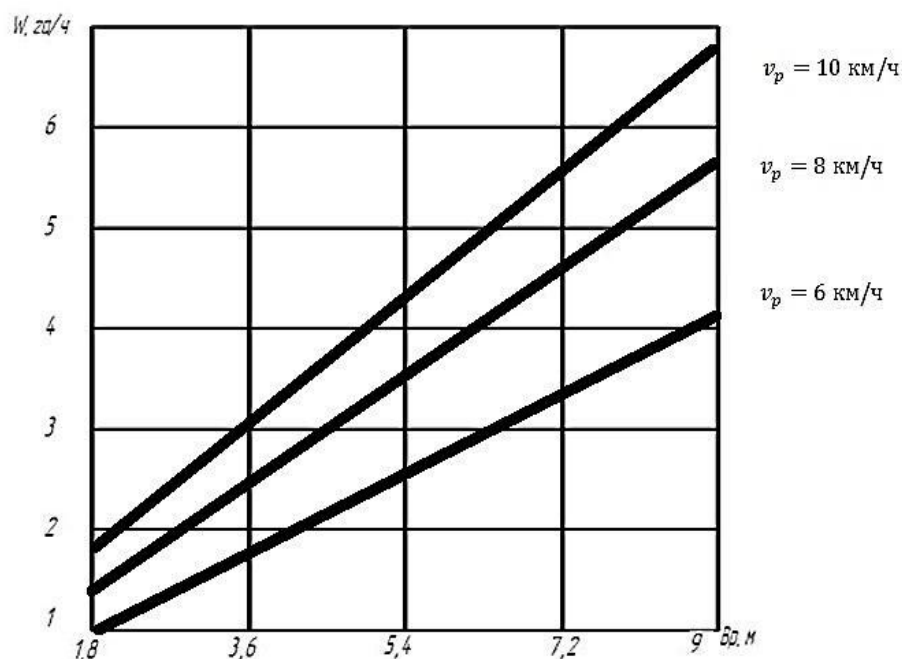


Рисунок 4.2 – Зависимость производительности посевного МПА от ширины захвата β_p и скорости движения v_p

С учетом полученной общей зависимости тягового сопротивления МПА (3-й арифметический оператор блок-схемы рисунок 2.5) установлены частичные зависимости агрегата от его ширины захвата и скорости движения (рисунок 4.3).

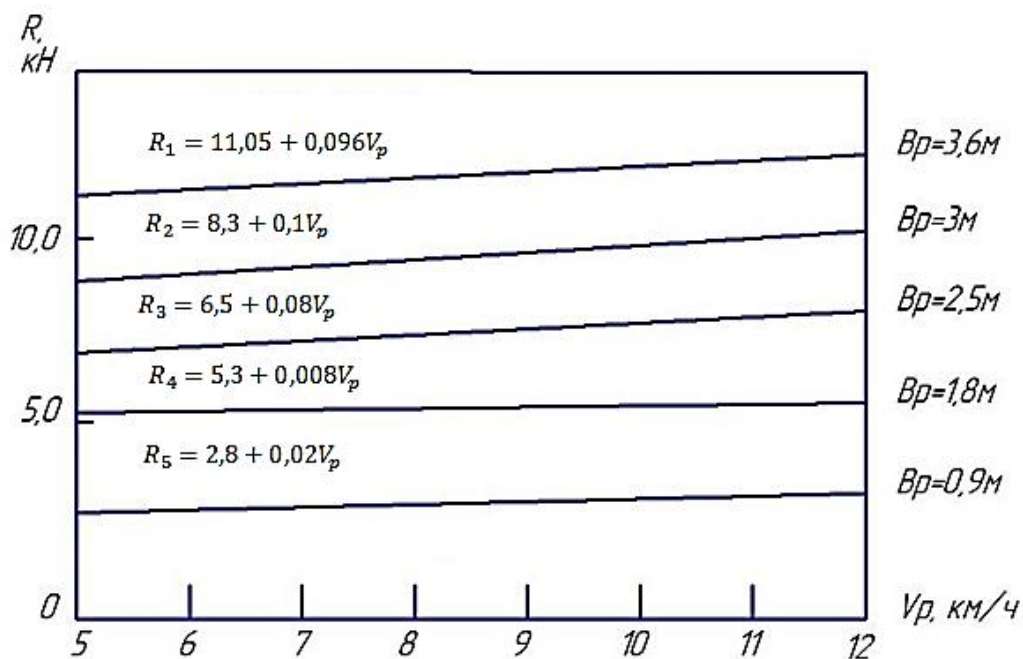


Рисунок 4.3 – График зависимости тягового сопротивления МПА от V_p и β_p

Тяговое сопротивление предлагаемого агрегата возрастает прямо пропорционально увеличению скорости движения и ширины захвата. Так для агрегата ширина захвата 3,6 м на скорости 5 км/ч тяговое сопротивление агрегата составило 11,05 кН, а на скорости 12 км/ч уже 12,2 кН. Коэффициент пропорциональности в формуле при V_p равен 0,096. При минимальной ширине захвата 0,9 м на рабочей скорости 5 км/ч тяговое сопротивление агрегата было минимальным, и составило 2,8 кН. На максимальной скорости 12 км/ч оно возросло до 3,04 кН, а коэффициент пропорциональности при рабочей скорости был минимальным 0,02. Таким образом, интенсивность роста тягового сопротивления определяется увеличением скорости агрегата и ширины захвата.

Аналогично изменению тягового сопротивления от рабочей скорости и ширины захвата агрегата изменяется тяговая мощность (рисунок 4.4)

Максимальное значение требуемой тяговой мощности трактора, агрегирующего многофункциональный посевной агрегат, имеет место при его ширине 3,6 м (45,5 кВт) и рабочей скорости 12 км/ч. При скорости 5 км/ч значение мощности составило 17 кВт, а коэффициент пропорциональности роста тяговой мощности при V_p составит 2,38 (рисунок 4.4).

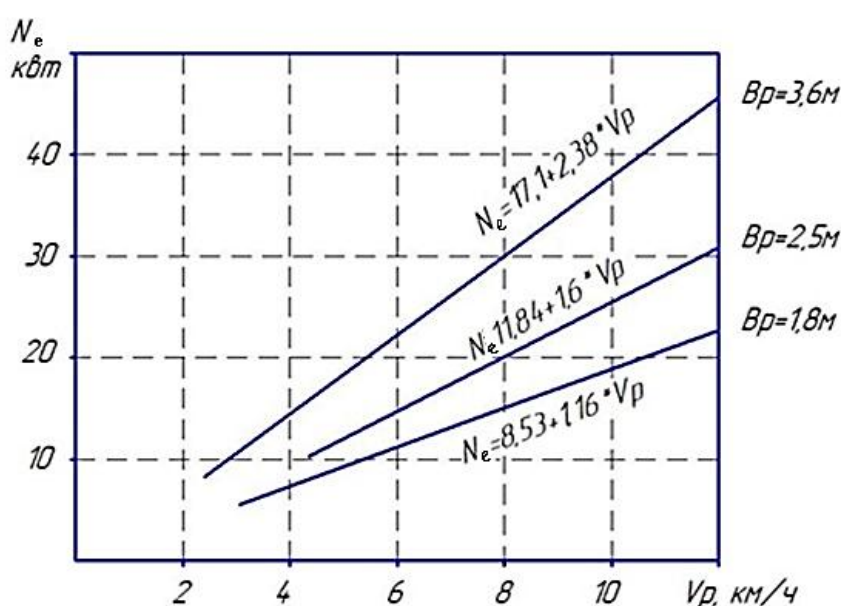


Рисунок 4.4 – График зависимости роста тяговой мощности от рабочей скорости

Заметно, что коэффициенты пропорциональности роста тяговой мощности от рабочей скорости и ширины захвата агрегата существенно выше, чем в зависимостях тягового сопротивления агрегата. Так, в зависимости тяговой мощности от скорости, V_p и ширины захвата β_p (рисунок 4.4) коэффициент пропорциональности при V_p на ширине захвата 1,8 м составляет 1,16, на ширине захвата 2,5 м, а на ширине 3,6 м – уже 2,38. Это свидетельствует о закономерном увеличении энергоемкости процесса работы агрегата с ростом скорости и ширины захвата.

4.2 Влияние предлагаемого МПА на урожай озимой пшеницы

В третьем разделе приведена методика использования влияния МПА на урожай зерна озимой пшеницы по сравнению с обычно применяемой базовой технологией. Схема опыта представлена на рисунке 4.5. Как уже отмечалось выше, опыт: заложен по предшественнику люцерна в двух вариантах (опыт и контроль) на площади каждой засеянной деланки 54 м² в 3-х кратной повторности. Технология ухода за посевами на обоих вариантах была одинаковой. Уборка выполнялась методом пробных площадок по 1 м² на каждой деланке. Убранные снопы обмолачивали лабораторной молотилкой, зерно взвешивали и пересчитывали в расчете в центнерах на 1 га. По результатам 3-летних исследований 2018–2020 гг. получена прибавка урожая зерна на опытных деланках (таблица 4.2).

Анализ таблицы 4.2 свидетельствует о существенном преимуществе предлагаемой технологии посева пшеницы с применением МПА. Прибавки урожая зерна можно объяснить двумя причинами: 1-рациональное использование минеральных удобрений; 2-рациональное прикатывание посевов спирально-винтовым катком. Первый фактор – рациональное использование удобрений можно объяснить их внесением одновременно с посевом локально в зону будущей корневой системы растений пшеницы на глубину 16–18 см.

Кроме качественного внесения, определенную роль сыграли сроки внесения, которые на контроле были на 4 месяца раньше: основное удобрение на контроле вносили под основную обработку (вспашку) в конце мая после уборки люцерны. За время с июня по октябрь произошли какие-то потери туков в почве. На опытных делянках таких потерь не было.

Таблица 4.2 – Урожайность зерна озимой пшеницы в опытах с применением МПА

Год уборки урожая	Варианты	Урожайность зерна, ц/га по повторностям				Прибавка урожая, ц/га	НСР 0,05, ц/га
		1	2	3	средняя		
2018	Опыт	74,0	73,8	74,3	74,03	1,73	1,5
	Контроль	72,4	72,0	72,3	72,3		
2019	Опыт	75,6	76,0	76,4	76,0	2,0	1,8
	Контроль	73,5	74,0	74,5	74,0		
2020	Опыт	69	70	70	69,6	2,0	1,8
	Контроль	67	68	68	67,6		

Второй фактор – рациональное прикатывание посевов спирально-винтовым катком повлиял на прибавку урожая, во-первых, отсутствием неприкатанных полос в отличие от ЗКШ-6А, во-вторых, структурой прикатанного посевного слоя: нижний 2–3 см прикатанный слой с семенами и верхний 2–3 см вспушенный с содержанием на поверхности вычесанных сорных растений и пожнивных остатков. В связи с этим спирально-винтовой каток повлиял на сбережение почвенной влаги, хороший контакт семян с почвой и приток влаги из нижних слоев, а также приток влаги из атмосферы за счет «сухого полива». Все это отсутствовало на контрольных делянках. Таким образом, можно ожидать гарантированную прибавку зерна за счет МПА.

Таким образом, положительное влияние удобрений на опытном участке на рост урожая зерна пшеницы по сравнению с контрольной можно считать обоснованным.

Также существенное влияние на прибавку урожая зерна на опытном участке оказало рациональное прикатывание посевов пшеницы. Как уже отмечалось ранее, вспушенный верхний слой почвы 2–3 см над прикатанным обеспечил сохранение влаги в семенном слое, поступающей из нижних слоев почвы, и добавил к ней количество влаги, поступающей из атмосферы в виде «сухого полива», увлажняя вспушенный слой. На контрольном участке такого благоприятного притока влаги к семенам не поступало, а наоборот, образованная от прикатывания посевов кольчато-шпоровыми катками почва капиллярная скважность поступающей из нижних слоев почвы, через прикатанный слой в атмосферу. Все это сказалось на дружности всходов, дальнейшем развитии растений и, в конечном итоге на урожайность.

Структура почвенного разреза на опытном участке (рисунок 4.5) наглядно показывает его преимущество по минеральному питанию и прикатыванию.

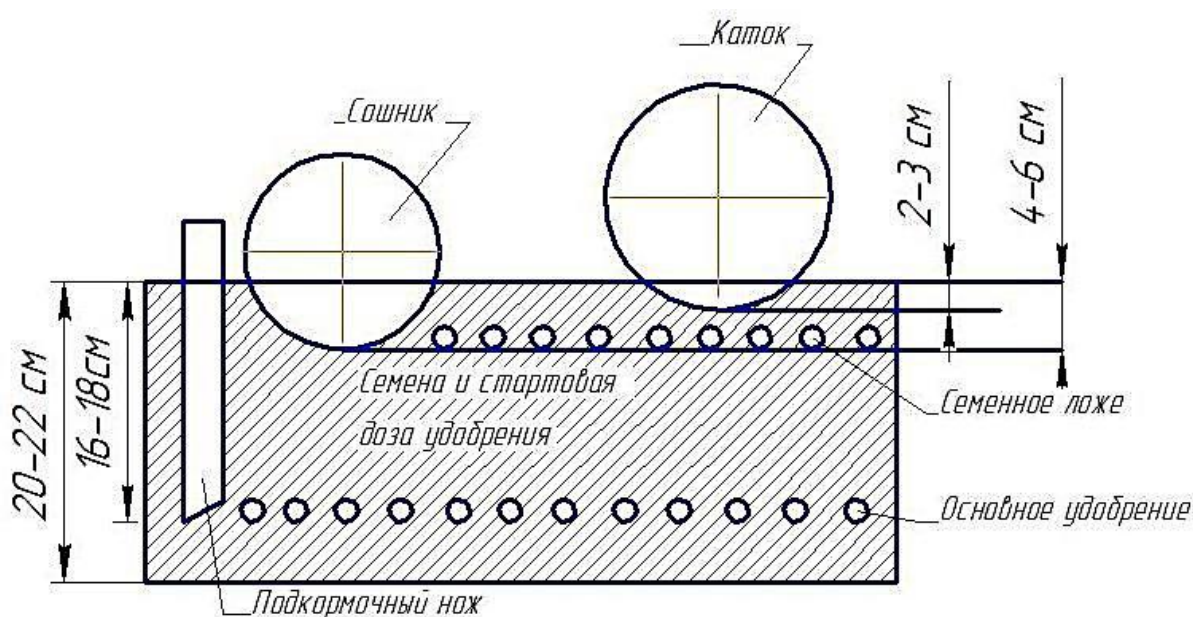


Рисунок 4.5 – Структура почвенного разреза на опытном участке

Согласно рисунку 4.5 семенное ложе на глубине 4–6 см. создается культиваторной лапой при предпосевной культивации на опыте и контроле одинаково. Семена пшеницы заделываются сошником сеялки вместе со стартовой дозой фосфорных удобрений также одинаково на глубину 4–6 см. Далее условия, созданные для развития растений пшеницы, сильно различаются на опыте и контроле. На контроле удобрения перемешаны по всему слою почвы и часть из них (фосфор и калий) в верхней части останется неиспользованными корневой системой пшеницы. Далее, когда растениям требуется повышенная доза фосфора (уже в фазе выхода в трубку, на контроле скажется недостаток фосфора, а на опытном участке (рисунок 4.5) корневая система будет как раз в зоне размещения фосфорных и калийных удобрений. Последние малоподвижны и внесенные на глубину 16–18 см, будут эффективно использоваться при формировании и наливе зерна.

Уборку урожая зерна пшеницы проводили методом пробных снопов в 3-кратной повторности.

Урожай обязательно пересчитывали на 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту. Для определения влажности и засоренности с каждой делянки сразу же после взвешивания в полиэтиленовые мешочки отбирают среднюю пробу зерна около 1 кг. Влажность и засоренность определяются одним из методов, предусмотренных стандартом на зерно, и выражают в процентах к сырой навеске. Урожай зерна, полученный при взвешивании, приводят к 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте по формуле:

$$X = \frac{Y(100-B)(100-C)}{(100-B) \cdot 100}, \quad (4.1)$$

где X – урожай при 14%-ной влажности (ц с 1 га);

Y – урожай без поправки на влажность (ц с 1 га);

B – влажность зерна при взвешивании (%);

B_1 – стандартная влажность (%);

C – засоренность зерна (%).

Уборку урожая проводим скашиванием растений вручную (серпами). После скашивания хлеб немедленно связывали, снопы пересчитывали, и число их записывали в полевую книжку по каждой делянке отдельно. К снопам каждой делянки шпагатом прикрепляли деревянные этикетки, на которых простым карандашом указывали опыт, сорт или вариант, номер делянки, номер повторения и число снопов на данной делянке. После просушки снопы немедленно свозят под навес для поделяночного обмолота на небольшой молотилке простой конструкции, очистки и взвешивания урожая.

Общий урожай с каждой делянки определяли взвешиванием снопов перед самым обмолотом. При этом их пересчитывали и сверяли с записями на этикетках и в полевой книжке. Зерно взвешивали после очистки, урожай соломы определяли по разности между общей массой урожая перед обмолотом и массой зерна.

Первичная цифровая обработка материалов полевого опыта включает: пересчет урожаев с делянки на урожай с 1 га; приведение урожая к стандартной влажности; составление таблицы урожая – определение сумм урожаев по вариантам, составление таблицы урожая – определение сумм урожаев по вариантам, повторениям и общей суммы урожаев, расчет средних урожаев по вариантам и опыту. При составлении таблицы урожаев, которую и используют затем для статистического анализа, необходимо придерживаться следующего принципа: основная масса чисел должна быть трехзначной. Если урожай не превосходит 100 ц с 1 га, поделяночные и средние урожаи записывают в таблицу с точностью до 0,1, а если урожаи выражаются сотнями центнеров – с точностью до 1 ц с гектара. В первом случае сотые, а во втором десятые доли центнеров округляют по обычному правилу. Если из учета выпала одна или несколько делянок и, следовательно, нарушено сравнение вариантов, вычисляют наиболее вероятный урожай этих делянок, как бы восстанавливают выпавшие данные.

4.3 Экономическая эффективность результатов исследований

Актуальность предлагаемой технологии посева колосовых культур определяется необходимостью рационального использования основного минерального удобрения, вносимого под основную обработку почвы и создания оптимальной плотности сложения посевного слоя [41, 88], что обеспечивает достоверную прибавку урожая зерна пшеницы. Как уже отмечалось, в предлагаемой нами технологии основное удобрение при возделывании озимой пшеницы по вспашке вносится одновременно с посевом на глубину 16–18 см. Это позволяет рационально заделать туки в зону будущей корневой системы пшеницы, так как фосфорные, калийные и часть азотных удобрений должны вноситься на заданную глубину уже при основной обработке почвы. Припосевное удобрение и подкормка азотными удобрениями выполняется по обычной технологии.

Подача основного удобрения в подкормочные ножи, установленные в междурядье зерновой сеялки, осуществляется фронтальным бункером на передней гидронавеске трактора.

Следующие совершенствование технологии посева пшеницы состоит в прикатывании посевов спирально-винтовым катком [118], который имеет много преимуществ по сравнению с кольчато-шпоровым, обеспечивая более качественное прикатывание почвы, вынос сорняков и пожнивных остатков на поверхность и мульчирование верхнего слоя над прикатанным с оптимальной плотностью почвы. Это совершенствование в соответствии с нашим изобретением позволяет сохранить почвенную влагу и создать благоприятные условия для прорастания семян, обеспечив прибавку урожая зерна.

Сравниваемые варианты технологии предпосевной обработки почвы и посева озимой пшеницы (базовой и предлагаемой) представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Технологическая карта возделывания озимой пшеницы

Площадь 400 га

Шифр работ	Наименование сельскохозяйственных работ	Исходные требования	Объем работы, га (т, ткм, ч)	Срок выполнения работы			Продолжительность рабочего дня, ч.	Количество смен за сутки	Состав агрегата	Количество обслуживающего персонала чел.	Норма выработки агрегата за 7 часовую смену га(т.ткм, ч)/см	Норма расхода топлива, кг/га (кг/т; кг/ткм; кг/ч)	Требуемая для выполнения всего объема работ					
				по агротребованиям		фактических, дней							нормомен	агрегатов	механизаторов и водителей	моторочасов	топлива	затрат труда чел/ч.
				Дата начала работы	Нормативный, дней													
А) Базовая технология																		
1.1	Погрузка мин. удобрения	5ц/га	200 т	1.10	10	10	14	2	МТЗ-82+ПЭ-0,8	1	56	0,09	3,6	1	2	26	18,6	25,2
1.2	Транспорт мин. удобрений	5ц/га	200 т	1.10	10	10	14	2	МТЗ-82+2ПТС-4	1	56	0,9	3,6	1	2	26	186	25,2
1.3	Внесение мин. удобрений	5 ц/га	400 га	1.10	10	10	14	2	МТЗ-82+МВУ-6	1	33	1,7	12,1	1	2	78,8	580	85
1.4	Вспашка на 12–14 см		400 га	1.10	15	15	14	2	Т-150+ПЛН-5-35	1	11,4	18	35,1	2	4	228	7200	245,7
1.5	Предпосевная культивация	4–6 см	400 га	2.10	15	15	14	2	Т-150+2КПС-4	1	42	3,1	9,5	1	2	61,8	225	66,5
1.6	Транспорт семян к удобр. сеялкам	250 кг/га	100 т	2.10	15	15	14	2	МТЗ-82+Reboke		119	0,9	1	1	2	6,5	1200	7
1.7	Посев семян с фосфорным удобрением	250 кг/га	400 га	2.10	15	15	14	2	Т-150+СЗ-3,6+СП	2	30,1	3,0	19,3	1	2	25,5	520	135,1
1.8	Прикатывание посевов		400 га	3.10	15	15	14	2	Т-150+3КХШ-6А	1	84	1,3	4,7	1	2	30,6	4760	32,9
									Итого:				88,9		18	583,2	14957	624,4
Б) Предполагаемая технология																		
2.1	Вспашка на гл. 20–22 см	20–22 см	400 га	1.10	15	15	14	2	К-44Р1+ПШКО-(5+2)	1	18,4	13	21,7	1	2	141	5200	152
2.2	Предпосевная культивация	4–6 см	400 га	2.10	15	15	14	2	К-3180+КБМ-10,8	1	56	3	7,1	1	2	46,2	1200	49,7
2.3	Погрузка мин. удобрений	0,5 т/га	200 т	2.10	15	15	14	2	МТЗ-82+ПЭ-0,8	1	56	0,09	3,6	1	2	23,4	18	25,2
2.4	Транспорт мин. удобрений и семян	750 кг/га	300 т	2.10	15	15	14	2	К-3180+Reboke	1	119	0,9	2,5	1	2	16,3	270	17,5
2.5	Посев пшеницы с внесением основного, старт. удобрений и прикатывание	750 кг/га	400 га	2.10	15	15	14	2	МТЗ-1025+МПА	1	21,7	3,0	18,4	1	2	119,6	1200	128,8
	Итого:												53,3		10	779	7888	373,2

Преимущества предлагаемой технологии заметно уже по количеству технологических операций (8 – по базовой, 5 – по предлагаемой). Кроме разработанного посевного МПА в предлагаемом варианте используются новые ресурсосберегающие агрегаты: оборотный плуг ПШКО (5+2), (системой земледелия края [88] рекомендуется вспашка только оборотными плугами), блочно-модульный культиватор КБМ-10,8.

Предлагаемое совмещение технологических операций за один проход агрегата МПА по полю и новые ресурсосберегающие машины должны обеспечить существенную экономическую эффективность предлагаемой технологии, даже без учета достоверной прибавки урожая зерна.

Расчет технико-экономических показателей по сравниваемым вариантам технологии (таблица 4.4) выполнен по методике МСХ и перерабатывающей промышленности [33, 10, 61]. Главный критерий эффективности – экономия эксплуатационных затрат и срок окупаемости предлагаемого МПА для внесения удобрений, посева пшеницы и прикатывания посевов за один проход агрегата по полю. Расчетные показатели экономической эффективности предлагаемой технологии посева пшеницы с применением МПА представлены в таблице 4.4, а исходные данные к расчету – в приложении 17.

Анализ выполненных расчетов по вариантам сравниваемых технологий показал высокую эффективность предлагаемой технологии с применением МПА. Затраты труда на площади посева 400 га по предлагаемой технологии сокращаются с 684,5 чел.-ч до 372,6, или в 1,8 раза, эксплуатационные затраты, в 1,5, металлоемкость – в 1,6, энергоемкость – в 1,4 раза. Ожидаемый годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат составит 567,5 тыс. руб., а срок окупаемости 3,1 года без учета достоверной прибавки урожая зерна 1,9 ц/га.

Таблица 4.4 – Экономическая эффективность предлагаемой технологии посева озимой пшеницы

Показатель	Значение показателя		Эффект	
	существующая технология	проектируемая технология	абсолютный	относит, %
Затраты труда, чел-ч./сез.	684,5	372,6	-311,9	-83,7
Эксплуатационные затраты, тыс. руб./сез.	1784,4	1216,9	-567,5	-46,6
в том числе:				
оплата труда	199,0	111,7	-87,3	-78,2
амортизация	460,4	296,6	-163,8	-55,2
ремонт и ТО	526,0	394,5	-131,4	-33,3
топливно-смазочные материалы	591,0	409,6	-181,5	-44,3
прочие прямые затраты	8,0	4,5	-3,5	-78,2
Показатель	Значение показателя		Эффект	
	существующая технология	проектируемая технология	абсолютный	относит, %
Металлоемкость, кг/га	32,2	20,5	-11,7	-57,1
Энергоемкость, кВт.ч/га	168,9	121,5	-47,4	-39,0
Ожидаемый годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат, тыс. руб.	567,5			
Дополнительные капиталовложения в шлейф сельхозмашин, тыс. руб.	1750			
Срок окупаемости, лет	3,1			
Коэффициент эффективности	0,32			

4.4 Выводы

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований разработан способ посева МПА, который обеспечивает выполнение всего процесса посева зерновых колосовых культур: заделку семян, внесение стартового и основного удобрения, а также рациональное прикатывание посева. Это позволит устранить разрыв по времени между операциями, соблюдаются оптимальные агросроки, сократить число проходов машин по полю, снижая

уплотнение почвы, повысить качество внесения удобрений и прикатывания, устранить потери влаги и создавать противоэрозионный фон.

2. Оптимизация параметров и режимов работы МПА по разработанной математической модели и алгоритму позволила сделать вывод о его высокой эффективности: при оптимальной ширине захвата 3,6 м, рабочей скорости движения 10 км/ч, мощности двигателя трактора 67,9 кВт обеспечиваются минимальные затраты на процесс посева, внесение удобрений и прикатывания 1295,4 руб./га.

3. Получены зависимости удельных приведенных затрат от ширины захвата МПА и рабочей скорости движения, а также производительность МПА от ширины захвата и скорости движения.

4. Согласно методике инженерного расчёта разработана номограмма для обоснования состава МПА, его эффективного использования и потребности в них.

5. Анализ выполненных расчетов по вариантам сравниваемых технологий показал высокую эффективность предлагаемой технологии с применением МПА. Затраты труда на площади посева 400 га по предлагаемой технологии сокращаются с 684,5 чел.-ч до 372,6, или в 1,8 раза, эксплуатационные затраты, в 1,5, металлоемкость – в 1,6, энергоемкость – в 1,4 раза. Ожидаемый годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат составит 567,5 тыс. руб., а срок окупаемости 3,1 года без учета достоверной прибавки урожая зерна 1,9 ц/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана конструктивно-технологическая схема и макетный образец многофункционального посевного агрегата, обеспечивающего на примере озимой пшеницы совмещение операций посева, внесения основного и припосевного удобрения и рационального прикатывания.

2. По разработанной математической модели и алгоритму оптимизации параметров и режимов работы МПА согласно минимальному значению критерия оптимальности приведенных затрат на процесс посева, прикатывания и внесения удобрений 1295,00 руб./га, установлена ширина захвата агрегата 3,6 м, рабочая скорость движения 5–12 км/ч, необходимая мощность двигателя трактора 67,9 кВт, масса балласта катка 42,4 кг, емкость бункера сеялки 3,0 м³. При времени рабочего цикла 0,332 ч и коэффициенте использования времени смены 0,86 производительность МПА составила 3,1 га/ч.

3. Методом планирования двухфакторного эксперимента по плану Вк оптимизирована плотность почвы на посевах пшеницы и режим работы спирально-винтового катка. Оптимальная плотность почвы 1,25 г/см³ получена при оптимальной скорости движения агрегата 7,6 км/ч, массе балластного груза 42,4 кг/м и влажности почвы 16 %. В результате исследований установлена также функция плотности вероятностей почвы (уравнение 2.8), прикатанной спирально-винтовым катком и функция распределения вероятностей (уравнение 2.9).

4. Получены зависимости мощности двигателя от ширины захвата МПА и скорости движения, плотности почвы от массы катка и скорости движения, удельного тягового сопротивления катка от его массы и скорости движения (уравнение на рисунок 4.4). Адекватность зависимостей установлена критерием Фишера, расчетное значение которого было ниже табличного: для мощности двигателя $0,6 < 0,8$; для плотности почвы $0,7 < 0,9$; для тягового сопротивления катка $0,4 < 0,6$ КН/м.

5. Оптимизацией параметров и режимов работы прикатывающего катка методом планирования двухфакторного эксперимента установлено, что центр эксперимента лежит в области оптимума, оптимальное значение плотности почвы составило $1,25 \text{ г/см}^3$ при скорости движения $7,6 \text{ км/ч}$, балластном грузе на раме катка $42,4 \text{ кг/м}$ и общей массе с катком $86,4 \text{ кг/м}$.

6. Согласно разработанной методике инженерного расчета определяется необходимая мощность двигателя для МПА и рабочая скорость движения агрегата, а по предложенной номограмме – для любого состава агрегата и выбранной для него рабочей скорости можно определить производительность и необходимую потребность в машинах для посева озимых культур в оптимальные сроки.

7. Экономическая эффективность МПА по сравнению с отдельным выполнением технологических операций определялась для площади 400 га по ГОСТ Р 53056-2008. Установлено снижение эксплуатационных затрат с $1784,4 \text{ тыс. руб.}$ до $1216,9$, или в $1,5$ раза, затраты труда, снижаются с $684,5 \text{ чел.-ч}$ до $372,6$ или в $1,8$ раза; металлоемкость – в $1,6$ раза, энергоемкость – в $1,4$ раза. Ожидаемый годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат составит $567,5 \text{ тыс. руб.}$, а срок окупаемости агрегата – $3,1$ года без учета прибавки урожая.

Рекомендации производству

Предложенные в работе параметры рабочих органов и технологическая схема МПА могут быть использованы конструкторскими организациями при разработке многофункциональных посевных агрегатов, а технология комплексного посева зерновых колосовых культур по вспаханному фону с одновременным внесением основного, припосевного удобрения и рационального прикатывания рекомендуется для внесения в сельхозпредприятиях АПК.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Принципы предлагаемого синтеза многофункциональных агрегатов за счет его составляющих из известных, высокоэффективных однооперацион-

ных, серийных машин могут быть использованы при разработке других видов многофункциональных агрегатов. Кроме того, для предлагаемого МПА необходимо усовершенствовать систему распределения отдельных видов удобрений по слоям вспаханного пласта в соответствии с агротребованиями: фосфорные туки необходимо вносить на дно борозды, азотные и калийные – по всему слою.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агропромышленный комплекс Кубани. Статистический сборник. – Госкомстат РФ. Краснодарский краевой комитет государственной статистики (официальное издание). – Краснодар, 2000. – 225 с.
2. Адлер В. А. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / В. А. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука 1971. – 221 с.
3. Адлер В. А. Введение в планирование эксперимента [Текст] / В. А. Адлер. – М. : Metallurgia, 1999. – 159 с.
4. Алтухов А. И. Развитие продовольственного рынка России. Ч. 1. [Текст] / А. И. Алтухов, Г. И. Маркин, М. А. Бабков. – М. : АгриПрес, 1999. – 336 с.
5. Терпелец В. И., Слюсарев В. Н. Агрофизические и агрохимические методы использования почв [Текст] : учебно-метод. пособие / В. И. Терпелец, В. Н. Слюсарев. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 65 с.
6. Агротехнические требования к основным технологическим операциям при адаптивных технологиях возделывания озимых колосовых и кукурузы и новые технические средства для их выполнения в Краснодарском крае [Текст]. – Краснодар: Департамент сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края. Краснодарский НИИСХ им. П.П. Лукьяненко, 2001. – 144 с.
7. Агеев Л. Е. Основы расчета оптимальных и допускаемых режимов работы машинно-тракторных агрегатов [Текст] / Л. Е. Агеев. – Л. : Колос. – 1978. – 295 с.
8. Алабужев П. М. Теория подобия и размерностей. Моделирование [Текст] / П. М. Алабужев [и др.] – М. : Высшая школа, 1968. – 206 с.
9. Асатурян В. И. Теория планирования эксперимента [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. И. Асатурян. – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.

10. Бершицкий Ю. И. Экономическое обоснование номенклатурного и количественного состава комбайнового парка сельскохозяйственных организаций [Текст] / Ю. И. Бершицкий, К. Э. Тюпаков, Н. Р. Сайфетдинова, Ю. К. Кастиди, А. Р. Сайфетдинов // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 9-1 (52-1).
11. Буклагин Д. С. Оценка эффективности новой техники [Текст] / Д. С. Буклагин // Достижения науки и техники АПК. – 1990. – № 10.
12. Бондарев А. Т. Проблема уплотнения почв сельскохозяйственной техникой и пути ее решения [Текст] / А. Т. Бондарев. – Почвоведение, 1990. – № 5. – С. 31–37.
13. Барталанфи Л. Общая теория систем [Текст] / Л. Барталанфи. – М. : Мир, 1969. – 384 с.
14. Бондарь А. Г., Статюха Г. А. Планирование эксперимента в химической промышленности [Текст] / А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха. – Киев : «Вища школа», 1976. – 184 с.
15. Имитационное моделирование уборочно-транспортных процессов [Текст] / Ю. Н. Блынский, Ю. Ф. Ладыгин. – М. : ВО Агропромиздат, 1988. – 119 с.
16. Бусленко Н. П. Математическое моделирование производственных процессов [Текст] / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1964. – 362 с.
17. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем [Текст] / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1968. – 356 с.
18. Биоэнергетическая оценка агротехнических приемов и ресурсосберегающих технологий в растениеводстве [Текст] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 1994.
19. Браунли К. А. Статистическая теория и методология в науке и технике [Текст] / К. А. Браунли. – М. : Колос, 1977.
20. Бендат Д., Пирсон А. Измерение и анализ случайных процессов [Текст]. Перевод с английского. – М. : Мир, 1971.

21. Бугутский А. А. Повышение производительности труда – ключевая проблема в аграрном секторе экономики [Текст] / А. А. Бугутский // Вестник с.-х. науки, 1997. – № 3.
22. Вагнер Г. Основы исследования операций (в 3-х томах) [Текст] / Г. Вагнер. – М. : Мир, 1972. – С. 336, 488, 502.
23. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст] / Г. В. Веденяпин. Изд. 3-е. доп. – М. : Колос, 1973. – 199 с.
24. Валге А. М. Обработка экспериментальных данных и моделирование динамических систем при проведении исследований по механизации сельскохозяйственного производства [Текст] / А. М. Валге. – СПб : 2002. – 176 с.
25. Водяников В. Т. Экономическая оценка энергетики АПК [Текст] : учеб. пособие / В. Т. Водяников. – М. : Экмос, 2003. – 301 с.
26. Водяников В. Т. Методологические и методические основы определения эффективности технических средств [Текст] / В. Т. Водяников // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ, 2013. – № 3.
27. Высоцкий А. А. Динамометрирование сельскохозяйственных машин [Текст] / А. А. Высоцкий. – М. : Машиностроение, 1968. – 290 с.
28. Основные принципы моделирования и перспективы их применения при разработке сельскохозяйственной техники [Текст] П. М. Василенко. – В кн. «Современный проблемы механизации сельского хозяйства», т. 1. – М. : БТИ ГОСТИНИ, 1996.
29. Моделирование развивающихся систем [Текст] / В. М. Глушко [и др.] – М. : Наука, 1983. – 337 с.
30. Горланов С.А. Экономическая оценка проектных разработок в АПК [Текст] / С. А. Горланов, Е. В. Злобин // ВГАУ, Воронеж, 2002. – 23 с.
31. Гаркуша А. А. Эффективность приемов минимизации предпосевной обработки почвы и ухода за посевами яровой пшеницы в условиях Алтайского Приобья [Текст] : дис. ... канд. сельскохозяйств. наук Гаркуша А. А. – Барнаул, 2002. – 45 с.

32. ГОСТ 20915-75 (СТ СЭВ 5630-86) Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний (с Изменением № 1).
33. ГОСТ 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки; введ. 2009-01-01. – М. : Стандартинформ, 2009. – 20 с.
34. ГОСТ 24057-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки машинных комплексов, специализированных и универсальных машин на этапе испытаний [Текст]. – 1989.01.01. – М. : Госстандарт России : изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
35. Демидко М. Е. Влияние скорости на сопротивление двугранного клина [Текст] / М. Е. Демидко // Усовершенствование почвообрабатывающих машин: материалы науч. тех. кон. ВИСХОМ. – М. : 1963.
36. Дедков В. К. Экономические проблемы надежности и прогнозирование технических характеристик объектов [Текст] / В. К. Дедков // Труды международного симпозиума «Надежность и качество», 2012. Т. 1. – 59–60 с.
37. К вопросам совершенствования технологии посева зерновых культур [Текст] / Е. В. Демчук, Д. А. Голованов, К. А. Янковский // Тракторы и сельхозмашины. 2016. – № 6. – 45 с.
38. Драгайцев В. И. Технологическая база сельского хозяйства России [Текст] / В. И. Драгайцев // АПК: экономика и управление . – 2008. – № 10.
39. Дьяконов В. П., Абраменко И. В. MathCAD 7.0 в математике, физике и в Internet [Текст] / В. П. Дьяконов, И. В. Абраменко. – М. : Нолидж, 1999. – 352 с.
40. Дроздов В. Н., Сердечный А. Н. Комбинированные почвообрабатывающие и посевные машины [Текст] / В. Н. Дроздов, А. Н. Сердечный. – М. : Агропромиздат, 1988.
41. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта [Текст] / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1979. – 200 с.
42. Доспехов Б. А. Практикум по земледелию [Текст] / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1977. – 239 с.

43. Желиговский В. А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов [Текст] / В. А. Желиговский. – Тбилиси, 1960. – 146 с.
44. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве [Текст]. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 250 с.
45. Испытание с.-х. техник. Комплексная оценка машин. Программа и методы. ОСТ 70.2.30.-78. М., 1979.
46. Кацев П. Г. Статистические методы исследования режущего инструмента [Текст] / П. Г. Кацев. – М. Машиностроение, 1974. – 231 с.
47. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные машины (Элементы теории рабочих процессов, расчет параметров и режимов работы) [Текст] / Н. И. Кленин [и др.]. – М. : Колос, 1970. – 451 с.
48. Корн Г. Справочник по математике [Текст] / Г. Корн. – М.: Наука, 1972. – 831 с.
49. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат [Текст] / А. Д. Кормщиков [и др.]. – Пат. РФ 2345 513 С.
50. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат [Текст] / А. Д. Кормщиков, Р. Ф. Курбанов [и др.]. – Пат. RU 2345 513 С2. Отбл. 10.02.2009.
51. Летошнев М. Н. Сельскохозяйственные машины (Теория, расчеты, проектирование и испытание) [Текст] / М. Н. Летошнев. – М. : Сельхозгиз, 1955. – 759 с.
52. Мацепуро М. Е. Вопросы земледельческой механики [Текст] / под редакцией М. Е. Мацепуро. – Т. 8. – Минск, 1962. – 465 с.
53. Маслов Г. Г. Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка [Текст] / Г. Г. Маслов, В. И. Фортуна, В. П. Бражник. – Краснодар : КГАУ, 1996. – 244 с.

54. Энергосберегающий агрегат для посева зерновых колосовых культур [Текст] / Г. Г. Маслов, Р. О. Евглевский // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 12(258). – С. 12–14.

55. Маслов Г. Г. Оптимизация параметров и режимов работы машин методами планирования эксперимента [Текст] / Г. Г. Маслов, О. Н. Дидманидзе, В. В. Цыбулевский. – М. : ООО УМЦ «Триада», 2017. – 291 с.

56. Маслов Г. Г., Небавский В. А. Нулевая обработка – экономия затрат [Текст] / Г. Г. Маслов, В. А. Небавский // Сельский механизатор. – 2004. – № 3. – С. 34–35.

57. Маслов Г. Г. Методика комплексной оценки эффективности сравниваемых машин [Текст] / Г. Г. Маслов // Тракторы и сельхоз машины. – 2009. – № 10. – С. 31–33.

58. Сравнительные технико-экономические показатели отечественной и зарубежной сельскохозяйственных техник [Текст] / Г. Г. Маслов, В. Н. Плешаков // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2000. – № 10. – 22 с.

59. Оценка технического уровня зерновых сеялок и посевных комплексов [Текст] / Г. Г. Маслов, В. Н. Плешаков // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 6. – С. 19–22.

60. Перспективная система механизации возделывания зерновых колосовых культур [Текст] / Г. Г. Маслов, Е. М. Юдина, Д. А. Ушаков // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2019. – № 5(79). – С. 145–148.

61. Маслов Г. Г. Машинная технология возделывания и уборки озимой пшеницы [Текст] / Г. Г. Маслов. – Краснодар : КубГАУ. 2011. – 83 с.

62. Практикум по эксплуатации машиностроительного парка [Текст] : учеб. пособие / Г. Г. Маслов [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2010. – 326 с.

63. Многофункциональный комбинированный почвообрабатывающий агрегат [Текст] / Продовольственный рынок и технологии АПК. – 2015. – № 3(93). – 72 с.

64. Влияние систематического применения удобрений на калийный режим почвы в зернопропашном севообороте [Текст] / Л. Н. Мартынович, Н. И. Мартынович // Агрохимия, 1992. – № 6. – С. 23–28.

65. Маслов Г. Г., Трубилин Е. И., Цыбулевский В. В. Моделирование в агроинженерии методами планирования эксперимента [Текст] : учеб. пособие для сельскохозяйственных ВУЗов / Г. Г. Маслов, Е. И. Трубилин, В. В. Цыбулевский. – Краснодар, 2010. – 46 с.

66. Статистический анализ равномерности распределения материалов [Текст] / И. П. Масло, А. П. Терехов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1981. – № 8. – С. 50–52.

67. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С. В. Мельников, В. Р. Асешкин, П. М. Рощин. – И. : Колос, 1972. – 200 с.

68. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов [Текст] / С. В. Мельников [и др.] – 2-е изд. перераб. и доп. – И. : Колос, Ленингр. отдел, 1980. – 68 с. 6 ил.

69. Методика проведения полевых опытов и исследований по разработке технологии авиационных работ в сельском хозяйстве и агрооценки сельхоз аппаратуры [Текст]. – М., 1983.

70. Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования технологического процесса [Текст] / С. Г. Мударисов. – Челябинск, 2007. – 260 с.

71. Надыкто В. Т. Перспективное направление создания комбинированных и широкозахватных МТФ [Текст] / В. Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 3. – С. 26–30.

72. Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов [Текст] / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – М. : Наука, 1965. – 340 с.

73. Новик Ф. С., Арсов Я. Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов [Текст] / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М. : Машиностроение, 1980. – 304 с.

74. Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы VII региональной научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар, 8–9 декабря 2005 г. – Краснодар : КубГАУ, 2005.

75. О способе дозирования и схеме распределения семян при посеве зерновых культур [Текст] / С. А. Овсянников // Сб. трудов «Методы и технические средства испытаний с.-х. техники». – Новокубанск, 2000. – С. 112–118.

76. Обоснование группового распределения семян зерновых культур электро магнитным высевальным аппаратом [Текст] / С. А. Овсянников // Сб. трудов: «Испытание и исследование сельскохозяйственной техники и технологий». – Новокубанск, 2001. – 100 с.

77. Оптимизация параметров и режимов работы машин методом планирования эксперимента [Текст] / Г. Г. Маслов, О. Н. Дидманидзе, В. В. Цыбулевский : учеб. пособие для с.-х. вузов. – М., 2007.

78. Погорелый Л. В. Инженерные методы испытания сельскохозяйственных машин [Текст] / Л. В. Погорелый. – Киев : Техника, 1981. – 171 с.

79. Протокол № 12-7-94 (912000046) испытаний в хозяйствах Омской области агрегатов посевного «Конкорд 2000». – Сосновское, 1994.

80. Протокол № 29-100-86 (1081310) государственных приемочных испытаний сеялки зернотуковой с централизованным дозированием и пневматическим транспортированием семян и туков в сошники СЗПЦ-12. – ВНИИМОЖ, 1986.

81. План Вк2-х факторный: программа [Текст] / В. В. Цыбулевский. – свмд. № 2004612241. – М. : Роспатент, 2004.

82. Правила производства механизированных работ под пропашные культуры [Текст] / Пособие для бригадиров и звеньевых // сост. К. С. Орманджи. – М. : Россельхозиздат, 1980. – 206 с.

83. Протокол № 07-82-99 (6240292) испытании импортного образца сеялки пневматической для зерновых культур мод. 735 с бункером мод. 787 фирмы «Джон Дир» США. – Новокубанск, 1999.

84. Протокол № 07-88-99 (6240302) испытаний импортного образца сеялки для зерновых культур модели «2812/2000 Конкорд» в условиях эксплуатации в хозяйствах Краснодарского края. – Новокубанск, 1999.

85. Раднаев Д. Н. Системный подход к определению показателей эффективности посевных агрегатов [Текст] / Д. Н. Раднаев. – Аграрная наука, 2010. – № 8. – С. 26.
86. РД 10.2.22-89 испытания сельскохозяйственной техники. Методы энергетической оценки. – Новокубанск, 1989.
87. Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники [Текст] / Часть I, П. В. И. Черноивянов, А. Э. Северный [и др.]. – М. : ГОСНИТИ-ФГНУ «Росинфомагротех», 2002. – 418 с.
88. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе [Текст]. – Краснодар, 2015. – 352 с.
89. Влияние конструкционных элементов зерновых сеялок на их годовую загрузку в условиях Кубани [Текст] / В. И. Скорляков // Сб. тр. – Новокубанск. КубНИИТиМ, 1999. – С. 110–117.
90. Скорляков В. И. Обоснование параметров пневматических зерновых сеялок централизованного высева [Текст]. Дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. – М. 1989. – 236 с.
91. Система показателей комплексной оценки машин [Текст] / Д. Н. Саакян. – М., ВО «Агропромиздат», 1988.
92. Нормативно-справочный материал для определения экономической эффективности технологий и новой сельскохозяйственной техники [Текст] / Е. М. Самойленко, Т. А. Переверзева, И. В. Пронин [и др.] – Новокубанск. КубНИИТиМ, 1997. – 179 с.
93. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. – М. : Информагротех, 1995.
94. СТО АИСТ 2.2 – 2006. Техника сельскохозяйственная. Методы энергетической оценки [Текст]. – Введ. 2007.04.15. – Самара : Стандарт организации ФГНУ «РосНИИТиМ», 2007. – С. 12.
95. Система удобрения, продуктивность культур и плодородия чернозема выщелоченного [Текст] / А. В. Дедов [и др.]// Агрохимия, 2004, № 5. – С. 36–46.

96. Стандарт организации СТО АИСТ 2.2-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для поверхностной и мелкой обработки почвы. – С. 20.

97. Сеялка зернотуковая широкозахватная мобильная [Текст] // Г. Г. Маслов, Е. И. Трубилин [и др.]. – Патент России № 2675500. 2018.

98. Стандарт организации СТО АИСТ 104.6-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. – С. 19.

99. Системы машин для комплексной механизации растениеводства в зоне Северного Кавказа на 1981–1985 [Текст] / М. С. Рунчев [и др.] // Рекомендовано МСХ СССР. – Ростов-на-Дону, 1981.

100. Анализ технико-экономической эффективности высокопроизводительных средств посева зерновых культур [Текст] / В. И. Скорляков // Сб. тр. КубНИИТиМ: испытание и исследование сельскохозяйственной техники и технологий. – Новокубанск, 2001.

101. Современные технологии и средства механизации обработки почвы, посева, посадки, внесение удобрений и защита растений [Текст] / А. Ф. Кондратов [и др.]. – Новосибирск : Новосибирский ГАУ, 2001. – 252 с.

102. Способ посева зерновых культур с внесением минеральных удобрений / Пат. РФ 2350064 С1. Опубл. 27.03.2009. – № 9.

103. Способ посева зерновых культур с внесением минеральных удобрений / А. С. № 912087 А.01.В 49/04. 1980.

104. Способ посева зерновых культур с внесением минеральных удобрений / А. С. № 1119624. А.01.В 7/00. 1984.

105. Технология возделывания кукурузы в Краснодарском крае [Текст] / И. М. Петренко, А. И. Трубилин, Н. А. Загорулько [и др.] // Российская академия с.-х. наук департамент сельского хозяйства и продовольствия Краснодарского края, Краснодарский научно-исследовательский институт имени П.П. Лукьяненко КубГАУ. – Краснодар, 2001.

106. Тарасенко Б. И. Обработка почвы [Текст] / Б. И. Тарасенко. – Краснодар : Кн. изд-во. 1975.

107. К обоснованию расстановки рабочих органов в комбинированной машине [Текст] / Г. Д. Тимошенко // Совершенствование технологических процессов совмещения обработки почвы и посева : Тр. ВИМ. М., 1983. Т. 99. – С. 21–25.

108. Типовые технологические карты возделывания и уборки зерновых колосовых культур [Текст] / Л. М. Пимогин [и др.]. – МСХ СССР – М., 1984.

109. Файрушин Д. З. обоснование параметров универсальных противо-эрозийных почвообрабатывающих машин [Текст] : Дис. канд. техн. наук: 05.20.01 : Челябинск, РГБ ОД, 31:05-5/196, 2004. – 138 с.

110. Исследования в области эффективности использования энергии в современном сельском хозяйстве [Текст] / Ф. Фекете, Л.Шебештейн // Международный с.-х. журнал, 1982. – № 3.

111. Основные принципы планирования эксперимента [Текст]. Ч. Р. Хикс. – М. : Мир, 1987.

112. Хайн Х. Д. рациональное использование машин в сельском хозяйстве [Текст] / Х. Д. Хайн. Пер. с англ. – М. : Колос , 1966. – 269 с.

113. Применение математических методов в исследованиях процессов сельскохозяйственного производства [Текст] / Ю. В. Хоменко, Е. И. Баженов. – К. : УНИИМЭСХ, 1970.

114. Совершенствование методов анализа и оценки технического уровня сельхозмашин [Текст] / В. Е. Хоруженко, Г. М. Пекерман, Л. И. Кондратец, А. М. Кругляков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1988. – № 7.

115. Чуев Ю. В., Спехова Г. П. Технические задачи исследования операций [Текст] / Ю. В. Чуев, Г. П. Спехова. – М. : Сов. радио, 1971. – 242 с.

116. Шаров Н. М. Основы проектирования оптимальной организации сельскохозяйственных производственных процессов [Текст] / Н. М. Шаров. – М. : Изд. МИИСП, 1971. – 194 с.

117. Совершенствование критерия оптимизации параметров и режимов работы МТА [Текст] / В. Ф. Шолохов, А. И. Хорольцев, Е. М. Самойленко, Н. С. Кузнецов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. 1988. – № 8.

118. Широкозахватный почвообрабатывающий агрегат / В. А. Геер, С. В. Геер. Пат. РФ №2525160 С1. Опубл. 10.08.2014, № 22.
119. Энергосберегающие технологии выращивания сельскохозяйственных культур [Текст]. – Краснодар, 1998.
120. Энерго- и ресурсосберегающие технологии обработки почвы и посева / Н. К. Мазитов [и др.] // Техника в сельском хозяйстве.
121. ЮГПРОМ. Техника для современных агротехнологий. www.yugprom.ru.
122. Klefer J. Optimum designs in regression problems. – Ann. Math. Stat., 1959, v.15, p. 614–614.
123. Klefer J. Optimum experimental designs. – J. Royal Stat, 1959, v. B21, p. 272–319.
124. Klefer J. Optimum designs in regression problems II. – Ann. Math. Stat., 1961, v. 32, p. 299–325.
125. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика планирования эксперимента в технике и науке. – М. : Мир, 1981.
126. О работе стерневых сеялок в Краснодарском крае [Текст] / М. В. Кречетов, А. Г. Поляков, А. К. Пец, А. Т. Гончаров // Труды ВИМ, Т. 63, 1973. – С. 58–71.

ПРИЛОЖЕНИЕ



УТВЕРЖДАЮ
 Директор учхоза «Кубань»
 Кубанского ГАУ имени И.Т. Трубилина
 Т.В. Логойда
 7 ноября 2019 г.

производственной проверки в учхозе «Кубань» Кубанского ГАУ новой технологии посева озимой пшеницы с применением многофункционального посевного агрегата (МПА) для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатывания по теме кандидатской диссертации Евглевского Романа Олеговича: «Оптимизация параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата с одновременным внесением основной дозы удобрений».

Комиссия в составе главного инженера учхоза «Кубань» Кубанского ГАУ Кравченко Виктора Валерьевича, механика отделения №2 Фанина Александра Ивановича, механизатора Хомутова Павла Васильевича, профессора кафедры Эксплуатации МТП КубГАУ Маслова Геннадия Георгиевича и аспиранта Евглевского Романа Олеговича составила настоящий акт на предмет производственной проверки МПА для посева зерновых культур с внесением удобрений и прикатывания.

Пробные испытания проведены 28 сентября 2019 года на поле № 5.2 при посеве сорта «ГРОМ» по предшественнику люцерна .

Состав агрегата: Трактор «Беларусь МТЗ-1021» с сеялкой СЗТ-3,6 спиральным катком с грузом и подкормочными ножами. Опытный агрегат работал на скорости 8 км/ч и массой груза на спиральном катке 40 кг. Технологический процесс протекал устойчиво. Все механизмы показали надежность и безотказность при выполнении рабочего процесса МПА.

Установленные сошники и прицепной механизм спирального катка, изготовленные аспирантом, сбоев и отказов не имели.

Таким образом, предлагаемый МПА можно рекомендовать к использованию при посеве зерновых культур с внесением удобрений и прикатыванием.

Подписи членов комиссии:

Главный инженер В.В. Кравченко

Профессор кафедры Г.Г. Маслов

Аспирант Р.О. Евглевский

УТВЕРЖДАЮ



Исполнительный директор
ООО «Агромер»
Инам Семих
28 октября 2019 г.

АКТ

производственной проверки в ООО «Агромер» новой технологии посева озимой пшеницы с применением многофункционального посевного агрегата (МПА) для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатывания по теме кандидатской диссертации Евглевского Романа Олеговича: «Оптимизация параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата с одновременным внесением основной дозы удобрений».

Комиссия в составе агронома ООО «Агромер» Гиш Нальбий Анзаурович, механизатора Дорохова Александра Николаевича, аспиранта Евглевского Романа Олеговича составила настоящий акт на предмет производственной проверки МПА для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатывания

Пробные испытания проведены 20 сентября 2019 года на поле сельскохозяйственного назначения кадастровый №01:06:02500014:16 расположенный по адресу: Россия, Республика Адыгея, Теучежский район, территория МУПС «Прогресс» при посеве сорта «ГРОМ» по предшественнику люцерна.

Состав агрегата: Трактор «Беларусь МТЗ-1021» с сеялкой СЗТ-3,6 спиральным катком с грузом и подкормочными ножами. Опытный агрегат работал на скорости 8 км/ч и массой груза на спиральном катке 40 кг. Технологический процесс протекал устойчиво. Все механизмы показали надежность и безотказность при выполнении рабочего процесса МПА.

Установленные сошники и прицепной механизм спирального катка, изготовленные аспирантом, сбоев и отказов не имели.

Таким образом, предлагаемый МПА можно рекомендовать к использованию для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием.

Подписи членов комиссии:

Агроном ООО «Агромер» Гиш Н.А.

Аспирант Р.О. Евглевский



УТВЕРЖДАЮ

Глава КФХ «Стрюков В.А.»

В.А. Стрюков

«___» октября 2019 г.

АКТ

производственной проверки в КФХ «Стрюков В.А.» новой технологии посева озимой пшеницы с применением многофункционального посевного агрегата (МПА) для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием по теме кандидатской диссертации Евглевского Романа Олеговича: «Оптимизация параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата с одновременным внесением основной дозы удобрений».

Комиссия в составе глава КФХ Стрюков В.А., аспиранта Евглевского Романа Олеговича составила настоящий акт на предмет производственной проверки МПА для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием.

Пробные испытания проведены 30 сентября 2019 года на поле сельскохозяйственного назначения кадастровый №23:110703001:22 расположенный по адресу: Россия, Краснодарский край, Каневской район, Челбасское сельское поселение, ЗАО «Воля», на расстоянии 7.5 км к юго-западу от станицы Челбасской. участок 1, при посеве сорта «ГРОМ» по предшественнику люцерна.

Состав агрегата: Трактор «Беларусь МТЗ-1021» с сеялкой СЗТ-3,6 спиральным катком с грузом и подкормочными ножами. Опытный агрегат работал на скорости 8 км/ч и массой груза на спиральном катке 40 кг. Технологический процесс протекал устойчиво. Все механизмы показали надежность и безотказность при выполнении рабочего процесса МПА.

Установленные сошники и прицепной механизм спирального катка, изготовленные аспирантом, сбоев и отказов не имели.

Таким образом, предлагаемый МПА можно рекомендовать к использованию для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием.

Подписи членов комиссии:

Глава КФХ Стрюков В.А.
Аспирант Р.О. Евглевский



АКТ

производственной проверки в КФХ ИП «Сень В.В.» новой технологии посева озимой пшеницы с применением многофункционального посевного агрегата (МПА) для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием по теме кандидатской диссертации Евглевского Романа Олеговича: «Оптимизация параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата с одновременным внесением основной дозы удобрений».

Комиссия в составе ИП Глава КФХ Сень В.В., аспиранта Евглевского Романа Олеговича составила настоящий акт на предмет производственной проверки МПА для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием.

Пробные испытания проведены 26 сентября 2019 года на поле сельскохозяйственного назначения кадастровый №23:14:01111001:108 расположенный по адресу: Россия, Краснодарский край, Крыловской район, с/о Новосергеевский, ЗАО «Новосергеевский», отделение 2, поле 1, клетка 3, при посеве сорта «ГРОМ» по предшественнику люцерна.

Состав агрегата: Трактор «Беларусь МТЗ-1021» с сеялкой СЗТ-3,6 спиральным катком с грузом и подкормочными ножами. Опытный агрегат работал на скорости 8 км/ч и массой груза на спиральном катке 40 кг. Технологический процесс протекал устойчиво. Все механизмы показали надежность и безотказность при выполнении рабочего процесса МПА.

Установленные сошники и прицепной механизм спирального катка, изготовленные аспирантом, сбоев и отказов не имели.

Таким образом, предлагаемый МПА можно рекомендовать к использованию для посева зерновых культур с внесением основного и стартового удобрения и прикатыванием.

Подписи членов комиссии:

ИП Глава КФХ «Сень В.В.»
Аспирант Р.О. Евглевский

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор Кубанского ГАУ
д-р экон. наук, профессор

С.М. Резниченко
« 13 » 2020г.



АКТ

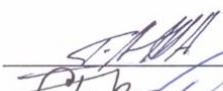



внедрения в учебный процесс ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» научных разработок аспиранта Евглевского Романа Олеговича по теме кандидатской диссертации : «Оптимизация параметров и режимов работы многофункционального посевного агрегата с одновременным внесением основной дозы удобрений».

Результаты исследований аспиранта Евглевского Р.О. по теме кандидатской диссертации внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет имени И.Т. Трубилина». Они используются на факультетах механизации, агрономии, землеустроительном и др. при чтении лекций, проведении практических занятий, проектировании и подготовке выпускных квалификационных работ студентами, магистрантами и аспирантами университета. Разработки автора представлены в следующих литературных источниках с долей участия автора 40 процентов:

- 1) Методика инженерного расчета многофункциональных посевных тракторных агрегатов, методические указания /Г.Г. Маслов, Р.О. Евглевский – Краснодар: КубГАУ, 2019. -22 с.
- 2) Инновационный проект «ресурсосберегающая технология посева зерновых культур с одновременным внесением основного и припосевного удобрения» , инновационный проект /Г.Г. Маслов, Р.О. Евглевский – Краснодар: КубГАУ, 2018.

Подписи членов комиссии:

Декан факультета механизации, доцент
Зав.кафедрой Эксплуатации МТП
Зав.кафедрой ПриМА
Аспирант, кафедры Эксплуатации МТП

 А.А. Титученко
 Е.В. Труфляк
 С.К. Папуша
 Р.О. Евглевский

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2684310

Машина для внесения минеральных удобрений

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина" (RU)*

Авторы: *Маслов Геннадий Георгиевич (RU), Цыбулевский Валерий Викторович (RU), Евглевский Роман Олегович (RU), Колесник Сергей Евгеньевич (RU)*

Заявка № 2018125553

Приоритет изобретения 11 июля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 05 апреля 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 11 июля 2038 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ **2675500**


**СЕЯЛКА ЗЕРНОТУКОВАЯ ШИРОКОЗАХВАТНАЯ
МОБИЛЬНАЯ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина" (RU)*

Авторы: *Маслов Геннадий Георгиевич (RU), Трубилин Евгений Иванович (RU), Евглевский Роман Олегович (RU)*

Заявка № **2017147186**
Приоритет изобретения **29 декабря 2017 г.**
Дата государственной регистрации в
Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **19 декабря 2018 г.**
Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **29 декабря 2037 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

 *Г.П. Ивлиев*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 178335

**Устройство для внесения стартового и основного удобрения
одновременно с посевом**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Кубанский государственный аграрный университет им.
И.Т. Трубилина" (RU)*

Авторы: *Маслов Геннадий Георгиевич (RU), Трубилин Евгений
Иванович (RU), Евглевский Роман Олегович (RU)*

Заявка № 2017126693

Приоритет полезной модели 25 июля 2017 г.

Дата государственной регистрации в
Государственном реестре полезных
моделей Российской Федерации 30 марта 2018 г.

Срок действия исключительного права
на полезную модель истекает 25 июля 2027 г.



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Излиев

12-04-2018

Стоимость энергомашин и сельхозтехники

Агрегат	Стоимость энергомашины, руб.	Стоимость сельскохозяйственной машины, руб.
MT3-1025+ПЭ-08Б	1200000	250000
MT3-82+2ПТС-4	900000	310000
MT3-82+МВУ-6	900000	520000
T-150+ПЛН-5-35	2100000	170000
T-150+2КПС-4	2100000	950000
K3180+Reboke	4500000	1200000
T-150+3СЗ-3,6А	2100000	1500000
T-150+3ККШ-6А	4500000	450000
К-744р+ПКШО (5+2)	3500000	300000
K3180+КБМ-10,8	4500000	650000
MT3-1025+ПЭ-08Б	1200000	250000
K3180+Reboke	4500000	1200000
MT3-1025+МПА	1200000	800000

$$v = \begin{bmatrix} 19712 \\ 774.88 \\ 3390.4 \\ 420 \\ 82.28 \\ 10.23 \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 47040000 & 1254400 & 6912000 & 864000 & 134400 & 16800 \\ 1254400 & 75264 & 276480 & 26880 & 6912 & 672 \\ 6912000 & 276480 & 1254400 & 134400 & 26880 & 2880 \\ 864000 & 26880 & 134400 & 16800 & 2880 & 360 \\ 134400 & 6912 & 26880 & 2880 & 672 & 72 \\ 16800 & 672 & 2880 & 360 & 72 & 9 \end{bmatrix}$$

$$x := M^{-1} \cdot v \quad x = \begin{bmatrix} -0.000775 \\ 0.0078125 \\ 0.0005 \\ 0.0625 \\ -0.1404166667 \\ 0.4633333333 \end{bmatrix}$$

$$D0 := x_6 \quad D1 := x_5 \quad D2 := x_4 \quad D12 := x_3 \quad D11 := x_2 \quad D22 := x_1$$

Уравнение регрессии
 $y = D0 + D1 \cdot X1 + D2 \cdot X2 + D12 \cdot X1 \cdot X2 + D11 \cdot X1 \cdot X1 + D22 \cdot X2 \cdot X2$

$$D0 = 0.463 \quad D1 = -0.14 \quad D2 = 0.062 \quad D12 = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$D11 = 7.813 \cdot 10^{-3} \quad D22 = -7.75 \cdot 10^{-4}$$

$$j := 1..n \quad y_{p1j} := D0 + D1 \cdot X1_j + D2 \cdot X2_j$$

$$y_{p2j} := D12 \cdot X1_j \cdot X2_j$$

$$y_{p3j} := D11 \cdot X1_j \cdot X1_j + D22 \cdot X2_j \cdot X2_j$$

$$y_p := y_{p1} + y_{p2} + y_{p3}$$

$$dy := y - y_p$$

$$X1 = \begin{bmatrix} 12 \\ 4 \\ 12 \\ 4 \\ 12 \\ 4 \\ 8 \\ 8 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$X2 = \begin{bmatrix} 60 \\ 60 \\ 20 \\ 20 \\ 40 \\ 40 \\ 60 \\ 20 \\ 40 \end{bmatrix}$$

$$y = \begin{bmatrix} 1.22 \\ 1.11 \\ 0.96 \\ 1.01 \\ 1.41 \\ 1.36 \\ 1.04 \\ 0.86 \\ 1.26 \end{bmatrix}$$

$$y_p = \begin{bmatrix} 1.223 \\ 1.107 \\ 0.963 \\ 1.007 \\ 1.403 \\ 1.367 \\ 1.04 \\ 0.86 \\ 1.26 \end{bmatrix}$$

$$dy = \begin{bmatrix} -3.333 \cdot 10^{-3} \\ 3.333 \cdot 10^{-3} \\ -3.333 \cdot 10^{-3} \\ 3.333 \cdot 10^{-3} \\ 6.667 \cdot 10^{-3} \\ -6.667 \cdot 10^{-3} \\ -1.199 \cdot 10^{-13} \\ -5.884 \cdot 10^{-15} \\ -4.774 \cdot 10^{-14} \end{bmatrix}$$

Листинг программы
"Действительные в нормализованные 2"

Действительные коэффициенты уравнения

D0 := 0.463 D1 := -0.14 D2 := 0.062
D12 := $5 \cdot 10^{-4}$
D11 := $7.813 \cdot 10^{-3}$ D22 := $-7.75 \cdot 10^{-4}$

Центр плана и размах варьирования факторов

X10 := 8 d1 := 4 X20 := 40 d2 := 20

X1 = $x1 \cdot d1 + X10$ X2 = $x2 \cdot d2 + X20$

b22 := $D22 \cdot d2 \cdot d2$ b11 := $D11 \cdot d1 \cdot d1$ b12 := $D12 \cdot d1 \cdot d2$

b2 := $D2 \cdot d2 + 2 \cdot X20 \cdot D22 \cdot d2 + X10 \cdot D12 \cdot d2$

b1 := $D1 \cdot d1 + 2 \cdot X10 \cdot D11 \cdot d1 + X20 \cdot D12 \cdot d1$

b44 := $D0 + D1 \cdot X10 + D2 \cdot X20 + D12 \cdot X10 \cdot X20$

b0 := $b44 + D11 \cdot X10 \cdot X10 + D22 \cdot X20 \cdot X20$

Нормализованные коэффициенты уравнения

b0 = 1.243032 b1 = 0.020032 b2 = 0.08

b12 = 0.04

b11 = 0.125008 b22 = -0.31

Листинг программы

Переход МНК-2 (действительные) - план Вк 2-х факторный

Дополнительно 5 опытов плана - n0

Всего опытов

n0 := 5

f1 := n0 - 1

f1 = 4

k0 := 8

```
y := [ 1.26
       1.28
       1.30
       1.25
       1.27 ]
```

Среднее значение и дисперсия плана

```
ys := | s ← 0
      | j ← 0
      | while n0 - 1 ≥ j
      |   | s ← s + yj / n0
      |   | j ← j + 1
      | s
```

```
s2y := | s ← 0
       | j ← 0
       | while n0 - 1 ≥ j
       |   | s ← s + (yj - ys)² / n0
       |   | j ← j + 1
       | s
```

ys = 1.272

s2y = 0.000296

sy := √s2y

sy = 0.017

При a=0,05 и f1=4

t := 2.78

Нормализованные коэффициенты уравнения

b0 := 1.243

b1 := 0.02

b12 := 0.04

b11 := 0.125

b2 := 0.08

b22 := -0.31

```

ft := 6.00 if f2=9
      5.96 if f2=10
      5.93 if f2=11
      5.91 if f2=12
      5.89 if f2=13
      5.87 if f2=14
      6.04 if f2=8
      6.09 if f2=7
      6.26 if f2=6

```

ft = 6.04

При значимости a=0,05

zр := 1

Матрица плана

Отклик

$$x1 := \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$x2 := \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$y := \begin{bmatrix} 1.22 \\ 1.10 \\ 0.96 \\ 1.01 \\ 1.41 \\ 1.36 \\ 1.04 \\ 0.86 \end{bmatrix}$$

z := 0 c := 0 v := 0 a := 0

```

ssn := s ← 0
      j ← 0
      while k0 - 1 ≥ j
      | z ← z + b0 + b1·x1j + b2·x2j
      | c ← c + b12·x1j·x2j
      | v ← v + b11·x1j·x1j + b22·x2j·x2j
      | a ← a + z + c + v
      | s ← s + (yj - a)²
      | j ← j + 1
      s

```

ssn = 0.003

$$s2n := \frac{ssn}{f2}$$

$$fr := \frac{s2n}{s2y}$$

f2 = 8

f1 = 4

$$s2n = 3.152 \cdot 10^{-4}$$

Проверка на адекватность fr < ft

$$s2n = 3.152 \cdot 10^{-4}$$

$$s2y = 2.96 \cdot 10^{-4}$$

fr = 1.065

ft = 6.04

"Каноническое преобразование Вк-2"

$$b0 := 1.243$$

$$b1 := 0.02$$

$$b2 := 0.08$$

$$b12 := 0.04$$

$$b11 := 0.125$$

$$b22 := -0.31$$

$$2 \cdot b11 \cdot x1 + b12 \cdot x2 = -b1$$

$$b12 \cdot x1 + 2 \cdot b22 \cdot x2 = -b2$$

$$M := \begin{bmatrix} 2 \cdot b11 & b12 \\ b12 & 2 \cdot b22 \end{bmatrix}$$

$$v := \begin{bmatrix} -b1 \\ -b2 \end{bmatrix}$$

$$x := M^{-1} \cdot v$$

$$x = \begin{bmatrix} -0.09962 \\ 0.12261 \end{bmatrix}$$

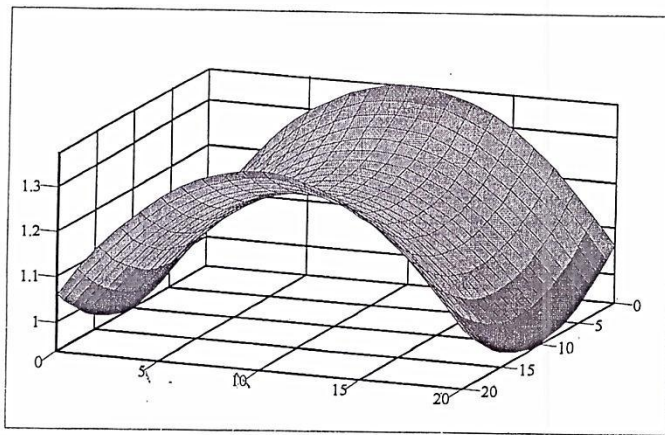
$Y_s = 1.24691$ $B_{11} = 0.12592$ $B_{22} = -0.31092$ $a = 2.6269$
 $x_1 = -0.09962$ $x_2 = 0.12261$
 $J_1 := b_{11} + b_{22}$ $J_2 := B_{11} + B_{22}$ $J_1 = -0.185$ $J_2 = -0.185$

Уравнение регрессии в канонической форме
 $Y - Y_s = B_1 \cdot X_1^2 + B_2 \cdot X_2^2$

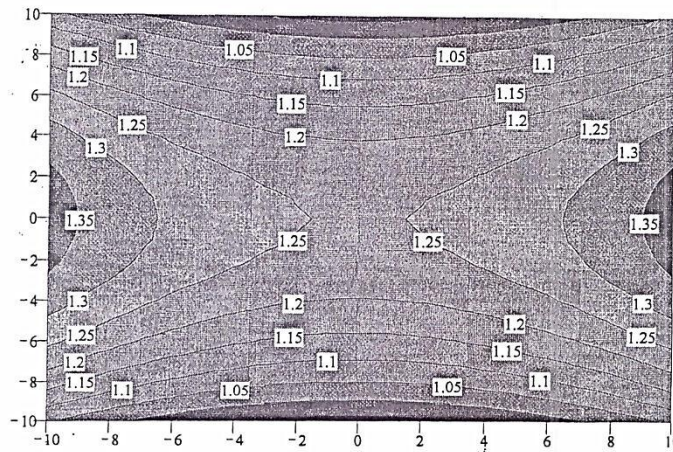
$kk := 20$ $X1 := 0..kk$ $X2 := 0..kk$ $X11(X1) := -1 + 0.1 \cdot X1$ $X22(X2) := -1 + 0.1 \cdot X2$

$z(X11, X22) := Y_s + B_{11} \cdot X11(X1) \cdot X11(X1) + B_{22} \cdot X22(X2) \cdot X22(X2)$

$K_{X1, X2} := z(X11, X22)$



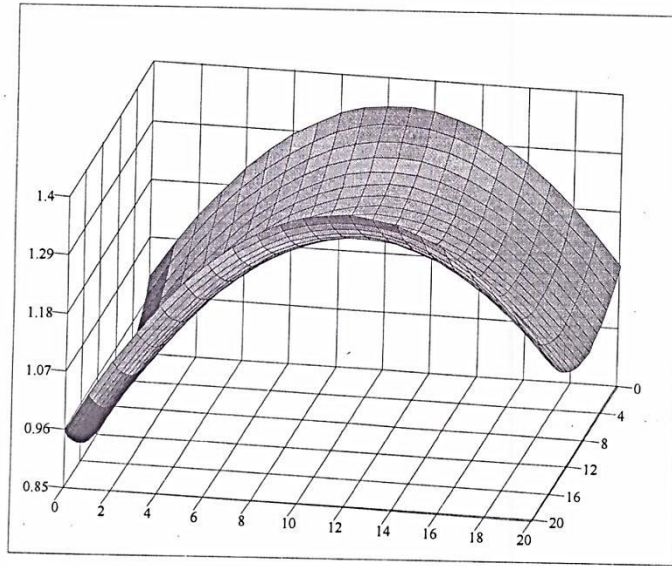
K



K

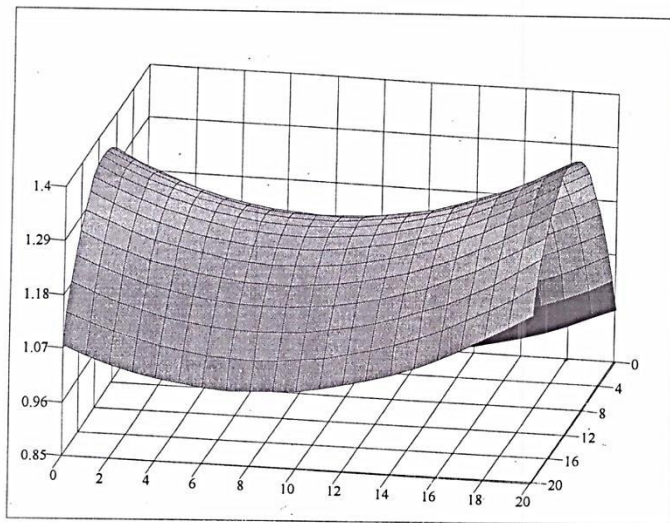
X1X2_{xx1,xx2} := f(x1, x2)

X2X1_{xx2,xx1} := f(x1, x2)



X1X2

x1(xx1)	xx1	x2(xx2)
4	0	20
4.4	1	22
4.8	2	24
5.2	3	26
5.6	4	28
6	5	30
6.4	6	32
6.8	7	34
7.2	8	36
7.6	9	38
8	10	40
8.4	11	42
8.8	12	44
9.2	13	46
9.6	14	48
10	15	50
10.4	16	52
10.8	17	54
11.2	18	56
11.6	19	58
12	20	60



X2X1

$$Ne = Bp * Vp * 5.31 * (1 + 0.03 * (Vp - 5)) / 3.24$$

$$Ctb = 38.667 * Ne$$

$$trc = 2 * Lp / Vp$$

$$txc = (7.8 * Bp + 10) / 2000$$

$$toc = (0.071 * Bp * Lp) / (10 * Vb)$$

$$tc = trc + txc + toc$$

$$nc = (6.7 - 0.02 * Bp) / tc$$

$$Tp = trc * nc$$

$$t = Tp / (tc * nc + 0.02 * Bp + 0.3)$$

$$W = 0.1 * Bp * Vp * t$$

$$Ue = Ctb * 205 / 790 / W + 250 / W + 198400 * Bp * 0.25 / 145 / W + 7.6 * Ne * (1 + 0.03 * (Vp - 5)) / W$$

$$K = Ctb * 1000 / 790 / W + 198400 * Bp / 145 / W$$

$$E = (Ue + 0.15 * K)$$

$$V_p := 10 \quad B_p := 3.6 \quad L_p := 1.5 \quad V_b := 3$$

$$N_e := \frac{B_p \cdot V_p \cdot 5.31 \cdot (1 + 0.03 \cdot (V_p - 5))}{3.24} \quad N_e = 67.85$$

$$C_{tb} := 38.667 \cdot N_e \quad C_{tb} = 2623.556$$

$$t_{rc} := \frac{2 \cdot L_p}{V_p} \quad t_{rc} = 0.3$$

$$t_{xc} := \frac{7.8 \cdot B_p + 10}{2000} \quad t_{xc} = 0.019$$

$$t_{oc} := \frac{0.071 \cdot B_p \cdot L_p}{10 \cdot V_b} \quad t_{oc} = 0.013$$

$$t_c := t_{rc} + t_{xc} + t_{oc} \quad t_c = 0.332$$

$$n_c := \frac{6.7 - 0.02 \cdot B_p}{t_c} \quad n_c = 19.975$$

$$T_p := t_{rc} \cdot n_c \quad T_p = 5.992$$

$$t := \frac{T_p}{t_c \cdot n_c + 0.02 \cdot B_p + 0.3} \quad t = 0.856$$

$$W := 0.1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot t \quad W = 3.082$$

$$U_e := \frac{C_{tb} \cdot 205}{790 \cdot W} + \frac{250}{W} + \frac{198400 \cdot B_p \cdot 0.25}{145 \cdot W} + \frac{7.6 \cdot N_e \cdot (1 + 0.03 \cdot (V_p - 5))}{W}$$

$$U_e = 894.038$$

$$K := \frac{C_{tb} \cdot 1000}{790 \cdot W} + \frac{198400 \cdot B_p}{145 \cdot W} \quad K = 2675.945$$

$$E := U_e + 0.15 \cdot K \quad E = 1295.43$$