

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники
и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
(ФГБНУ ВНИИТиН)**

На правах рукописи



Пустоваров Никита Юрьевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЫСЕВА СЕМЯН ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации
сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор, академик РАН
Завражнов А.И.

Тамбов – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
1.1 Значение контроля процесса высева для выращивания пропашных культур.....	9
1.2 Высевающие аппараты посевных машин.....	13
1.3 Выбор и обоснование подлежащих контролю показателей работы посевных машин.....	16
1.4 Обзор систем контроля высева семян.....	21
1.5 Обзор элементов системы контроля высева семян.....	27
Выводы по разделу.....	40
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
2.1 Агротехнические требования к посеву семян пропашных культур.....	41
2.2 Технологический процесс подачи семян на семенное ложе.....	43
2.3 Определение траектории полета семян для механического высевающего аппарата.....	45
2.4 Определение траектории полета семян для пневматического высевающего аппарата.....	49
2.5 Сравнение траектории полета семян для механического и пневматического высевающих аппаратов для семян различных культур.....	50
2.6 Исследование электрических параметров датчика высева.....	51
2.7 Расчет разрешающей способности датчика высева.....	52
2.8 Взаимосвязь параметров и режимов работы высевающих систем с показателями качества работы.....	52
2.9 Определение вероятности индикации семян датчиками высева.....	54
Выводы по разделу.....	58
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	59
3.1 Методика экспериментальных исследований параметров высева.....	60
3.2 Методика исследований емкостного датчика высева семян.....	61
3.3 Методика экспериментальных исследований индуктивного датчика пути.....	63

3.4	Методика обработки экспериментальных данных.....	65
3.5	Методика эксплуатационно-технологической оценки модернизированной сеялки.....	66
3.6	Методика технико-экономической оценки.....	67
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	70
4.1	Результаты лабораторных исследований элементов системы контроля высева семян.....	70
4.2	Результаты исследований системы контроля высева семян в производственных условиях.....	77
4.3	Возможные отказы в работе сеялок, оснащенных СКВС, причины их возникновения, способы их устранения и усовершенствование СКВС.....	83
4.4	Выводы по разделу.....	88
5.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН.....	89
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	91
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	93
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	103

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В комплексе технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур важная роль принадлежит посеву. Главная задача размещения семян на поле – получение максимальной урожайности при минимальных затратах на возделывание культуры. Эту задачу стремятся решить применением сеялок точного высева, которые должны обеспечить равномерное распределение заданного количества семян по площади поля. Таким образом, при использовании сеялок точного высева повышаются требования к соблюдению заданной нормы высева. Поэтому разработка методов совершенствования контроля работы высевающих аппаратов пропашных культур является актуальной задачей.

Работа выполнена в ФГБНУ ВНИИТиН по научно-исследовательской работе 0648-2014-0017 «Разработать новый метод технологического воздействия на почвенную среду и растения» по теме 2016...2018 гг.: «Разработать научно-обоснованные параметры модернизированного высевающего аппарата и усовершенствовать систему контроля высева семян пропашных культур».

Степень разработанности темы. Вопросам исследования процесса высева семян посвящены фундаментальные работы таких авторов, В.П. Горячкина, В.В. Василенко, В.С. Басина, В.А. Белодедова, Г.М. Бузенкова, С.А., В.П. Чичкина, А.И. Завражнова, В.А. Оришко, К.Р. Казарова, О.Н. Кухарева, К.З. Кухмазова, Н.П. Крючина, И.И. Гуреева и многих других, однако данные исследования проводились в отрыве от процесса контроля параметров работы посевного агрегата.

В области применения датчиков для контроля процесса высева значительный вклад внесли З.М. Коваль, И.М. Киреев, В.И. Скорляков, Н.К. Таригин, Ю.А. Тырнов и другие, однако эти исследования проходили в контексте испытательного оборудования, а не эксплуатируемых в производстве устройств.

Вопросы использования систем контроля высева непосредственно во время производственных процессов поднимались в работах Молофеева В.Ю., Черникова

В.Г. и других, однако, применение данных полученных для параметров зерновых культур не могут использоваться для пропашных культур.

Цель исследования - повышение эффективности посева семян пропашных культур за счет разработки устройства и методов контроля работы высевающих аппаратов.

Задачи исследования:

- провести анализ элементов системы контроля для обеспечения надежной и качественной работы пропашных сеялок;
- провести теоретические расчеты геометрических и электрических параметров датчиков;
- провести лабораторные исследования датчиков высева и пути;
- обосновать местоположение элементов системы контроля, регистрирующих и отображающих параметры высева;
- провести полевые исследования экспериментальной системы контроля высева семян и определить качественные показатели высева семян;
- провести технико-экономический анализ использования систем контроля высева семян.

Объект исследования – процесс перемещения семян пропашных культур от высевающих аппаратов и их взаимодействие с емкостным датчиком высева.

Предмет исследования - закономерность регистрации семян пропашных культур емкостным датчиком после их отрыва от диска высевающего аппарата.

Научная новизна результатов работы:

- разработана математическая модель движения семян в полости сошника после отрыва семян, выведены уравнения траектории полета семян с учетом влияющих факторов;
- определены электрические параметры семян различных культур, влияющие на работу емкостных датчиков высева;
- обоснованы параметры емкостных датчиков высева системы контроля и их расположение в сошниках.

Теоретическая и практическая значимость работы. По результатам теоретических исследований определены траектории движения семян в сошниках механических и пневматических высевающих аппаратах после отрыва семени от высевающего диска и электрические параметры датчиков высева.

Полученные результаты исследований послужили основой для создания системы контроля высева семян, позволяющей повысить качество посева, разработаны рекомендации по совершенствованию высевающих аппаратов сеялок пропашных культур и методические рекомендации по эксплуатации системы в хозяйствах.

Теоретическая и практическая значимость работы подтверждена патентами РФ на изобретения № 2685733 и № 2681570, а также свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017614821.

Методология и методы исследования. Теоретические исследования по обоснованию процессов полета семян в полости сошника проводились на основании известных законов математики и теоретической механики. Обоснование математических моделей полета семян проводилось на основании базовой аэродинамики и баллистики. Теоретические исследования и обоснования параметров емкостных датчиков высева и индуктивных датчиков пути основаны на известных законах электродинамики. Лабораторно-стендовые исследования проводились на специальных стендах лаборатории использования машинно-тракторных агрегатов ФГБНУ ВНИИТиН. Обработка результатов исследований проводились методами математической статистики с использованием ЭВМ программами MathCad и Microsoft Excel. Производственные испытания систем контроля высева семян в реальных условиях эксплуатации техники в колхоз-племенном заводе им. Ленина Тамбовского района, Тамбовской области.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) Результаты математических исследований траектории падения семян в процессе высева.
- 2) Результаты исследования электрических параметров семян пропашных культур и предлагаемых датчиков.

3) Результаты экспериментальных исследований режимов отдельных элементов системы контроля и производственных испытаний системы контроля в целом.

4) Техничко-экономическая оценка результатов исследований.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований системы контроля высева семян внедрены на выпускаемых ОАО «Белгородский завод Ритм» пропашных сеялках различных модификаций, а также, используются в колхоз-племенном заводе им. Ленина Тамбовского района.

Степень достоверности и апробации работы.

Достоверность подтверждения достаточным количеством выполненных экспериментов, использованием современных методик, приборов и оборудования, схождением результатов, полученных теоретическими и экспериментальными исследованиями, внедрением полученных результатов в производство, выступлениями с докладами на конференциях с результатами исследований одобрением и их публикацией в ведущих журналах.

Материалы диссертационных исследований докладывались и обсуждались на I Международной научно-практической конференции «Повышение эффективности и экологические аспекты использования ресурсов в сельскохозяйственном производстве» (г. Тамбов, ФГБНУ ВНИИТиН, 2016 г.), Международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России и 80-летию Тамбовской области «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства» (г. Тамбов, 2017 г.), XX Международной научно-практической конференцией «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для АПК» (г. Тамбов, 2019 г.), Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные технологии и техника в АПК» (г. Мичуринск, МичГАУ, 2016 г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ общим объемом 6,23 печ. л., в том числе 3 в изданиях ВАК РФ. Лично автору принадлежит 3,35 печ. л. Получены 2 патента РФ на изобретения, а также свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Соответствие паспорту специальности. Диссертационные исследования соответствуют паспорту научной специальности 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства», п. 7 (разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов.), п. 10 (разработка и совершенствование методов, средств испытаний, контроля и управления качеством работы средств механизации производственных процессов в растениеводстве и животноводстве).

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, заключения, списка используемой литературы из 99 наименования. Работа изложена на 102 страницах, содержит 28 рисунка, 4 таблицы.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1 Значение контроля процесса высева для выращивания пропашных культур

Посев в технологии возделывания сельскохозяйственных культур занимает ведущее место. Именно от посева зависит в большей степени эффективность технологии. Главная задача посева состоит в оптимальном размещении семян, обеспечивающее получение максимального урожая. При этом к посеву, как к технологическому процессу, предъявляются три основных требования: высев заданного количества семян на единицу площади поля; равномерное размещение их по площади поля; заделка их на определённую (одинаковую) глубину. Цель посева – создание оптимальной густоты стояния растений, то есть обеспечение таких условий, при которых равнозначные, но взаимозаменяемые факторы жизнедеятельности агрофитоценоза (свет, тепло, влага, элементы минерального питания) были в равной степени доступны всем растительным организмам. От качества и своевременности выполнения операции посева в значительной степени зависит формирование агрофитоценоза на самых ранних этапах органогенеза, что определяет дальнейшее развитие растений, формирование заданного морфологического типа растений и формирование структуры и качества урожая [1].

Способ посева семян и схема их размещения влияют на основные технологические приемы, связанные с обработкой почвы, посевом, уходом за растениями, уборкой. В настоящее время широко используются сеялки точного высева. Термин «Точный посев» возник в 50-х г. в связи с появлением высевающих аппаратов однозернового и группового дозирования при посеве кукурузы и подсолнечника. Несмотря на то, что прошло немало лет с тех пор, исследования данного способа посева находятся на раннем этапе. Однако нельзя отрицать успехи в развитии науки о посеве, в основе которых понимание геометрически точного размещения семян и растений. Специалисты часто высказывают мнение о том, что с появлением современных устройств, обеспечивающих однозерновой высев,

максимум возможного практически достигнут и дальнейшее повышение качества посева зависит только от качества высеваемых семян. Таким образом, в искомой формулировке точности посева должны быть отражены следующие требования: толерантность к основным задачам посева; учет биологических требований и особенностей культур, сортов, гибридов; предоставление возможности для обоснования необходимых допусков на отклонения от исходных параметров; обеспечение сравнения результатов работы различных высевующих устройств[2,3,4,5].

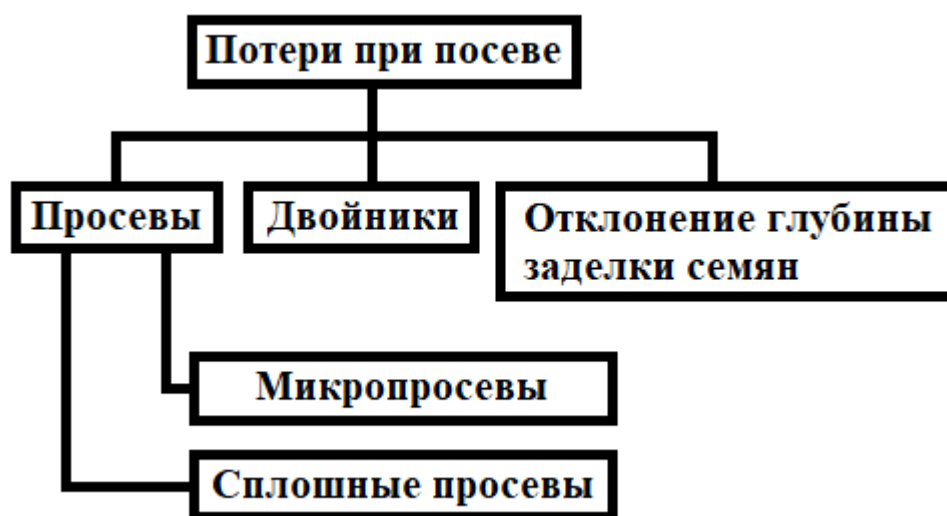


Рисунок 1.1 – Классификация потерь, возникающих при посеве.

Потери при посеве обусловлены прекращением высева, отклонениями средней глубины заделки семян и ее равномерности от установочных значений, рисунок 1.1. При всех прочих равных условиях (погодные условия, сорт культуры, всхожесть семян, срок посева и т.д.) на урожайность пропашных культур существенное влияние оказывают важные технические и технологические факторы, в том числе просев, когда часть площади поля, в результате нарушения высева осталась не засеянной [1,6].

Отклонение глубины заделки семян устраняется дополнительной настройкой посевного агрегата.

Просевы подразделяются на сплошные просевы и микропросевы. Сплошные просевы характеризуются отсутствием высева одним или несколькими высевующими аппаратами или всей сеялкой во время движения. Просевы

обнаруживаются только после появления всходов. Возможно устранение при дополнительных посевах, но растения в этом случае отстают в развитии от общей массы и, соответственно, теряется урожайность. Возникают при механических поломках, неправильной регулировке, отсутствии вакуума, отсутствии семян или сводообразовании в бункере, присутствии посторонних предметов в массе семян, забивании сошника почвой и составляет 1,5-4,5% от площади поля [1,3,4].

Микропросевы – отсутствие одного или нескольких семян на их расчетном месте. Обнаруживаются только после появления всходов. Микропросевы сеялки не устраняются т.к. это чрезвычайно трудоемкий процесс. Возникают при неправильной регулировке, несоответствии размеров ячеек (отверстий) в дисках размеру семян, частичном забивании ячеек (отверстий), засоренности семян, при наличии посторонних предметов в массе семян, недостаточном вакууме, пробуксовке приводного колеса и составляют 1,5-8% засеянной площади.

Двойники – два, и более семян, расположенных в одном «гнезде» почвы (расчетном). При точном высеве каждый «двойник», в целом, недополучает влаги и питательных веществ из-за уменьшения площади питания. В этом случае каждое растения примерно на 20-35% меньше. После появления всходов необходимо устранить одно растение. Оставшийся росток теряет в скорости роста, а это приводит к потере урожая. Прополка ручная или механизированная приводит к дополнительным затратам. Количество двойников при точном посеве 4-8% [7].

Для снижения количества двойников проводится более точная настройка положения съемника двойников, при подготовке к посеву, в том числе с учетом скорости движения посевного агрегата.

Для повышения качества посева в последние годы ведутся исследования и разработка устройств контроля процесса высева, применение которых позволяет значительно сократить затраты труда, повысить качество посева и производительность машинно-тракторных агрегатов, а также дает возможность высвободить для других работ большое количество рабочих-сеяльщиков, более эффективно использовать современные энергонасыщенные тракторы и резко сократить сроки проведения посевных работ. Системы контроля пропашных

сеялок предназначены для выполнения текущего контроля за процессом технологической операции посева при работе пропашных сеялок точного высева и своевременного сообщения об отклонениях от заданных параметров функционирования машинотракторного агрегата [8].

Функциями системы контроля являются сбор информации о работе каждой посевной секции, отбор (фильтрация полученных значений по установленному критерию), анализ протекания процесса, вывод на монитор (индикатор) текущей информации о качестве, скорости движения и пр., а также сообщений о нарушениях процесса высева и места нарушения. Разработка технических средств текущего контроля выполнения технологического процесса высева семян и алгоритмов их работы проводится на основе теоретических исследований принципов размещения семян и новых принципов формирования агрофитоценоза, позволяющих увеличить реализацию биологического потенциала растений [9].

Автоматический контроль работы посевных машин является одним из основных резервов повышения производительности труда, улучшения качества посева, а следовательно, и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Поддержание заданных параметров процесса высева является сложной задачей ввиду воздействия ряда случайных факторов на посевной агрегат, обусловленных гетерогенностью среды и условиями работы посевного агрегата. Это требует от оператора постоянного повышенного внимания, и очень скоро вызывает утомление. По мере усложнения конструкций сеялок, увеличения ширины захвата и рабочих скоростей движения эти обстоятельства усугубляются настолько, что контроль за протеканием технологического процесса становится не эффективным, а в некоторых случаях и неосуществимым [5,10, 11].

Нарушения процесса высева приводят к невосполнимым потерям урожая, дополнительным затратам труда и средств при высадке растений на участках посева или нарушения качества высева. По данным ЦНИИМЭСХ использование средств автоматического контроля на посевных машинах снижает количество просевов в 50 раз. Техничко-экономические расчеты, проведенные ВИМом, ВИСХОМом, и ГСКБ по посевным и комбинированным машинам, показали

снижение затрат труда на выполнение посевов на 50% при выполнении высева сеялкой ССТ-12, оборудованное системой контроля на посеве свеклы [2,3].

Таким образом, автоматический контроль работы посевных машин является одним из основных резервов повышения производительности труда, улучшения качества посева, а, следовательно, увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

1.2 Высевающие аппараты посевных машин

По принципу действия различают механические и пневматические высевающие аппараты. В России пока преобладают высевающие аппараты первого типа, главным образом катушечные и дисковые. Катушечные дозируют семена непрерывным потоком, дисковые – единичным отбором семян.



Рис. 1.2 – Классификация высевающих аппаратов.

В настоящее время все большее распространение получают механические (с ячеистым диском) и пневматические (с диском, оснащенным присасывающими отверстиями) высевающие аппараты [12].

У катушечных высевающих аппаратов различают штифтовые и желобчатые типы. Первые используют преимущественно для высева гранулированных минеральных удобрений, вторые достаточно универсальны. В механических системах их применяют для индивидуального дозирования семян зерновых колосовых, зернобобовых, крупяных, технических, овощных, плодовых и лесных

культур, в пневматических – для общего (централизованного) и группового дозирования семян [13,14].

Основной принцип высева семян катушечными высевающими аппаратами заключается в следующем. Количество высеваемых семян зависит от частоты вращения и длины рабочей, или активной части катушки, которая находится внутри корпуса и выгребает семена [13].

Для увеличения количества высеваемых семян катушку вдвигают в корпус, а для уменьшения выдвигают из него [13,14,15].

Частоту вращения катушки регулируют, изменяя передаточное отношение коробки передач (между валом высевающих аппаратов и приводным колесом).

Дисковые высевающие аппараты подразделяются: с горизонтальным диском (вертикальной осью вращения), вертикальным (горизонтальной осью вращения) и наклонным (наклонной осью вращения). Наиболее широко применяют аппараты с вертикальной и горизонтальной осями вращения. Первые устанавливают на кукурузных и хлопковых (для высева оголенных семян) сеялках. Кроме того, они могут быть применены и для высева семян подсолнечника, клещевины, арахиса, бахчевых и других культур. Аппаратами с горизонтальной осью вращения оборудуют свекловичные сеялки. Но их можно использовать и для высева проса, гречихи, сои [16].

Диск с вертикальной осью вращения, установленный на днище цилиндрической семенной банки, приводится во вращение от опорно-приводных колес сеялки. Семена западают в ячейки диска и перемещаются им к отверстию в дне семенной банки. На пути их движения находится подпружиненный отражатель, который своим зубом счищает семена, не полностью уложившиеся в ячейки диска. Когда ячейка с семенами оказывается над отверстием дна семенной банки, то подпружиненный выталкиватель выталкивает его в растроб сошника. В диске выполнены ячейки, в каждой из которых может быть размещено только одно зерно. Сеялка снабжена набором дисков для высева различных культур и фракций семян. Норму высева семян регулируют, изменяя частоту вращения дисков и применяя специальные накладки, перекрывающие часть ячеек диска.

Диск с горизонтальной осью вращения размещен под бункером с семенами и приводится во вращение от опорно-прикатывающего колеса сеялки. Семена из бункера заполняют ячейки и перемешаются диском к отражателю в виде рифленого капронового ролика, который удаляет лишние семена. В нижней части высевающего аппарата семена выбрасываются из ячеек пластинчатыми клиновыми выталкивателями, входящими в узкие канавки, проточенные по центрам ячеек. Аппарат снабжен комплектами дисков для высева семян разных фракций. При выборе высевающего диска необходимо учитывать условие: в ячейку должно укладываться только одно зерно [17].

Норму высева семян устанавливают, изменяя частоту вращения ячеистых дисков и число работающих ячеек на них. Частоту вращения корректируют, изменяя передаточное отношение между валом высевающих дисков и валом приводного колеса. Число работающих ячеек можно уменьшить, используя специальные накладки, которые перекрывают один ряд ячеек диска [18].

Пневматические высевающие аппараты более универсальны и при замене высевающих дисков и сошников могут высеивать семена кукурузы, подсолнечника, сои и других культур. Качество распределения семян свеклы в рядке улучшают, например, посредством дифференцированного подбора высевающих дисков пневматических аппаратов с диаметром отверстий 1,5; 1,75 и 2,0 мм и более тщательной калибровкой семян на фракции 3,0-3,5; 3,5-4,0; 4,0-4,5; 4,5-5,0; 5,0-5,5 мм.

Качество высева семян сахарной свеклы улучшают также за счет уточнения параметров сошника, доработки узла очистки отверстий диска, обеспечения плавности хода сбрасывателя лишних семян, оснащения датчиками контроля процесса высева семян [19,20].

Для оценки технологического уровня высевающих аппаратов необходимо соблюдение требований к семенам при их заготовке.

Пневматические высевающие аппараты по характеру дозирования могут быть с единичным отбором семян (сеялки точного высева) и с дозированным потоком (рядовые сеялки) [19].

В аппаратах для единичного отбора семян используют как вакуум, так и избыточное давление. Конструкции их весьма разнообразны, но все их можно разделить на две группы: дисковые и барабанные. Всасывающие отверстия в дисковых аппаратах расположены на плоскости диска, в барабанных – на цилиндрической поверхности.

В отечественных пневматических сеялках применяют дисковый всасывающий аппарат с горизонтальной осью вращения.

Пневматические аппараты снабжают несколькими комплектами всасывающих дисков с различным числом и диаметром отверстий. Что позволяет высевать различные культуры и соблюдать установленную норму высева [20, 6, 22].

Технологический процесс работы высевающего пневматического аппарата заключается в отделении семян из общей массы бункера, присасывании семян к отверстиям диска, снятия семян с отверстий специальным вкладышем и свободном падении в паз корпуса, а затем в канал сошника.

1.3 Выбор и обоснование подлежащих контролю показателей работы посевных машин

Анализ существующих методов и средств автоматического контроля работы посевных машин свидетельствует о том, что успешное использование их во многом зависит от правильного выбора параметров, подлежащих контролю, технической и эксплуатационной надежности самих устройств. Нередко применение автоматики не дает нужного эффекта, приводит к удорожанию сеялок и требует от механизатора (водителя) специальных инженерных знаний. Во избежание этого, автоматическому контролю должны подвергаться в первую очередь процессы, качество которых, вследствие специфических условий эксплуатации, не может быть обеспечено самой конструкцией рабочего элемента, осуществляющего данный процесс, т. е. технологические процессы и выполняющие их рабочие органы, имеющие наибольшую вероятность отказов, свое-временное визуальное

обнаружение которых либо практически не представляется возможным, либо вызывает определенные трудности [3,7,22].

Кроме того, следует учитывать, что установка на сеялку каких-либо дополнительных функциональных устройств и механизмов может привести к значительному снижению надежности посевного агрегата в целом, тем более что сами приборы контроля представляют, как правило, сложные системы, обладающие определенной и нередко весьма невысокой надежностью.

Поэтому основой при использовании существующих и разработке новых конструкций устройств автоматического контроля работы сеялок точного высева, а также других сельскохозяйственных машин должны быть надежность, возможность эксплуатации в обычных условиях производства и рядовым составом механизаторов.

В целях упрощения анализа и определения основных показателей, подлежащих автоматическому контролю, процесс распределения семян, выполняемый посевной машиной, может быть рассмотрен как процесс движения их на пути от бункера до расположения в борозде.

Применительно к сеялкам точного высева движение семян при посеве может быть разделено на пять взаимосвязанных этапов: движение в бункере, высевающем устройстве аппарата, семяпроводе, сошнике и по дну раскрытой и подготовленной сошником борозды.

В результате воздействия ряда случайных факторов на каждом этапе возникают различного рода отказы, которые значительно снижают качественные показатели, как самих этапов, так и всего процесса распределения семян в целом, рисунок 1.3. На первом этапе высева в большей степени проявляются постепенные отказы и сбои [6,7].

Основными причинами их возникновения является сводообразование, обусловленное, как правило, слабой сыпучестью семян, и неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами, достигающая нередко 15% и выше (агротехническими требованиями на овощные сеялки точного высева допускается 15%). Последний фактор вызывает одновременное опоражнивание бункеров,

которое в процессе посева своевременно обнаружить визуальным путем, особенно при обслуживании посевного агрегата одним трактористом, практически не представляется возможным, что приводит к значительным просевам.

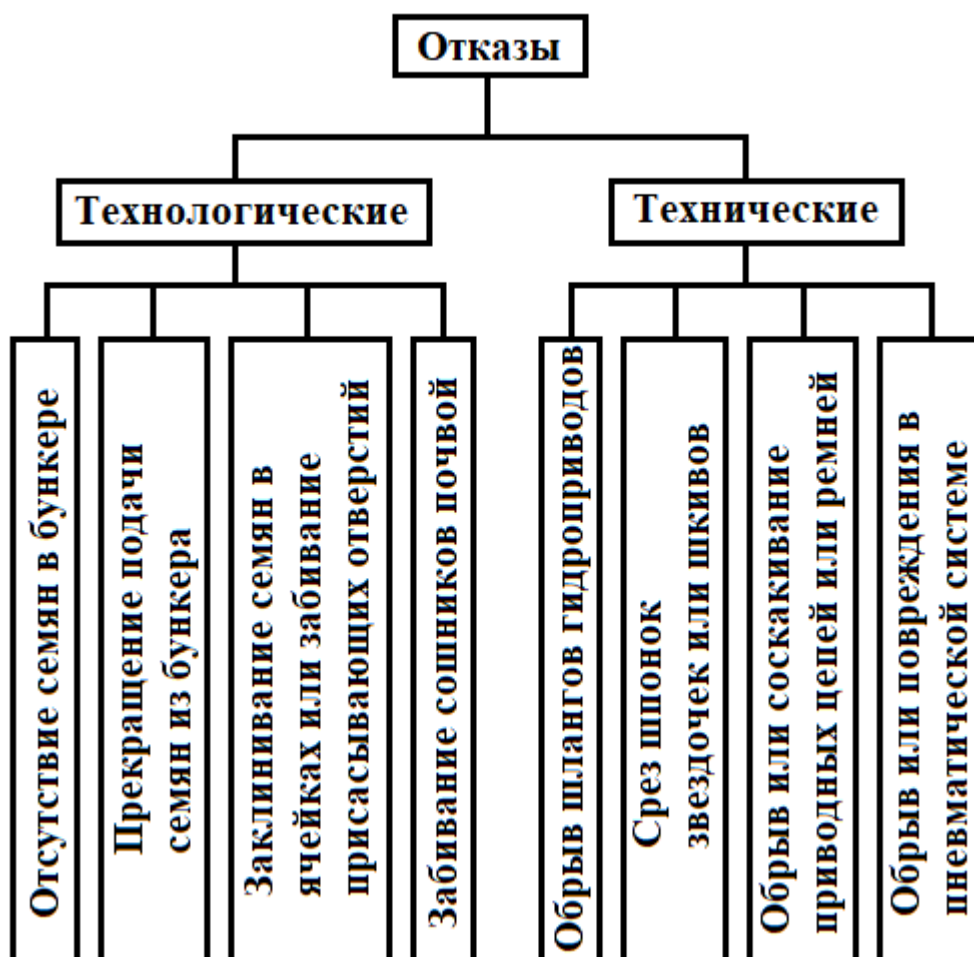


Рисунок 1.3 – Отказы, возникающие при работе посевного агрегата.

Для устранения указанных нежелательных явлений в некоторых конструкциях современных сеялок используются активные сводоразрушители (ворошители) и специальные дозаторы, обеспечивающие более равномерную подачу посевного материала к высевающим устройствам и ограничивающие отрицательное влияние слоя семян на процесс захвата и выноса их из бункера.

В связи с этим основным параметром, подлежащим автоматическому контролю на первом этапе высева, должен быть расход посевного материала (уровень семян в бункерах). При этом необходимо контролировать наличие семян

в бункере каждой посевной секции, так как при контроле в одном или двух бункерах, как это нередко осуществляется в ряде сеялок, может значительно снизиться эффективность применения средств автоматизации.

На втором этапе процесса высева проявляются все виды отказов. Внезапные отказы, как правило, приводят к прекращению вращения дисков аппаратов, следовательно, высева семян, и являются в большинстве случаев результатом поломки деталей и узлов системы привода (обрыв и соскакивание приводных цепей и ремней, срез шпонок звездочек и шкивов, обрыв шлангов гидропривода и др.).

Постепенные отказы и сбои на втором этапе происходят по-разному, а возникновение их во многом зависит от конструктивных особенностей высевающих аппаратов. В механических аппаратах ячеистого типа сравнительно часто наблюдается заклинивание семян в ячейках, а в пневматических – забивание присасывающих отверстий, что нередко является одной из основных причин просеивания, особенно у аппаратов последнего типа.

Исходя из характера отказов и значительного влияния их на качество посева, следует, что на втором этапе процесса высева необходимо автоматически контролировать вращение дисков аппаратов и подачу ими семян в семяпроводы, а при отсутствии последних – в сошники или непосредственно в борозды. Наличие такого контроля позволит своевременно обнаружить появление отказов в системе высева и значительно повысить качество посева [6, 23, 24].

Характерной особенностью отказов на третьем этапе процесса высева (движение семян в семяпроводе) является забивание семяпроводов посевным материалом. Основная причина этого – «непроходимость» самих семяпроводов, т. е. низкая пропускная способность, обусловленная несоответствием углов установки и внутренних поперечных размеров трубок, интенсивности потока семян их размерным и фрикционным показателям. Поэтому во избежание указанных явлений в ряде конструкций современных сеялок точного высева они либо вообще исключаются из схемы, либо им отводится роль кожухов, снижающих влияние движения воздуха при посеве на траекторию падения семян от диска до сошника.

В связи с этим контроль движения семян на третьем этапе может быть совмещен с контролем второго этапа процесса высева и, в частности, с подачей семян диском аппарата в сошник. В данном случае датчики автоматических устройств, в зависимости от конструктивных особенностей высевающего аппарата и его присоединения к сошниковой группе, могут быть установлены непосредственно после высевающего устройства в горловине семяпровода (кожуха) или в конце его перед подачей семян в сошник [6,86-90].

Наиболее частыми отказами и сбоями на четвертом этапе процесса высева являются забивание и залипание сошников почвой, которые в общей структуре отказов составляют от 50 до 70% и служат основной причиной просеивов. Эти отказы обусловлены, главным образом, колебаниями влажности почвы, величина которых нередко превышает допустимые пределы, наличием на поле растительных остатков и, до некоторой степени, несовершенством конструкций самих сошников.

На современных сеялках точного высева визуальный контроль забивания сошников трактористом практически невозможен, в связи с чем, эти отказы чаще всего устраняются в конце гона, что приводит к значительным просевам.

Принимая во внимание данные обстоятельства, можно сделать вывод, что основным объектом автоматического контроля на четвертом этапе высева должен быть процесс забивания сошников. Это позволит своевременно обнаружить забивание, остановить агрегат и устранить отказ, не дожидаясь выезда на край поля.

Основными качественными показателями пятого этапа процесса высева являются горизонтальная и вертикальная равномерность распределения семян. Поэтому наряду с созданием простых и надежных средств автоматического контроля и регулирования глубины заделки семян в процессе посева, необходимо стремиться к тому, чтобы заданное значение этого показателя, а также показателей других этапов в первую очередь обеспечивалось конструкцией высевающих систем и сошниковых групп самой сеялки, надежностью их функционирования, соответствующей предпосевной подготовкой почвы и посевного материала [25,91-93].

Таким образом, в итоге анализа работы посевных машин, характера отказов, причин и последствий их возникновения можно сделать вывод о том, что основными показателями, подлежащими автоматическому контролю на сеялках точного высева, являются уровень (движение) семян в бункерах, вращение высевающих устройств аппаратов и подача ими семян в борозду, забивание сошников и глубина заделки семян. В зависимости от конструктивных особенностей и принципа работы высевающих аппаратов (механический, пневматический, пневмомеханический, гидравлический и т. д.) дополнительно могут автоматически контролироваться и другие параметры (показатели) технологического процесса, нарушение которых или выход за заданные пределы может привести к ухудшению качества посева.

На пневматических сеялках следует контролировать величину разрежения в вакуумных камерах и забивание присасывающих отверстий. Необходимость этого обусловлена тем, что частичное забивание присасывающих отверстий или снижение разрежения ниже заданных значений, в большинстве случаев, как показывают наши исследования, приводят к уменьшению количества семян, высеваемых в одно гнездо, т. е. к снижению качества гнездового посева [26, 94-99].

1.4 Обзор систем контроля высева семян

Для повышения качества посева в последние годы ведутся исследования и разработка устройств контроля процесса высева, применение которых позволяет значительно сократить затраты труда, повысить качество посева и производительность машинно-тракторных агрегатов, а так же дает возможность высвободить для других работ большое количество рабочих-сеяльщиков, более эффективно использовать современные энергонасыщенные трактора и резко сократить сроки проведения посевных работ. Системы контроля предназначены для выполнения текущего контроля за процессом технологической операции посева при работе пропашных сеялок точного высева и своевременного сообщения

об отклонениях от заданных параметров функционирования машинотракторного агрегата.

Функциями системы контроля являются сбор информации о работе каждой посевной секции, отбор (фильтрация полученных значений по установленному критерию), анализ протекания процесса, вывод на монитор (индикатор) текущей информации о качестве, скорости движения и пр., а также сообщений о нарушениях процесса высева и места нарушения.

Сравнительный анализ системы контроля высева семян, представленных на российском рынке отечественными производителями и фирмами из стран ближнего зарубежья (Белоруссия и Украина) [40-52], приведен в таблице 1.1, классификация систем контроля представлена на рисунке 1.4.

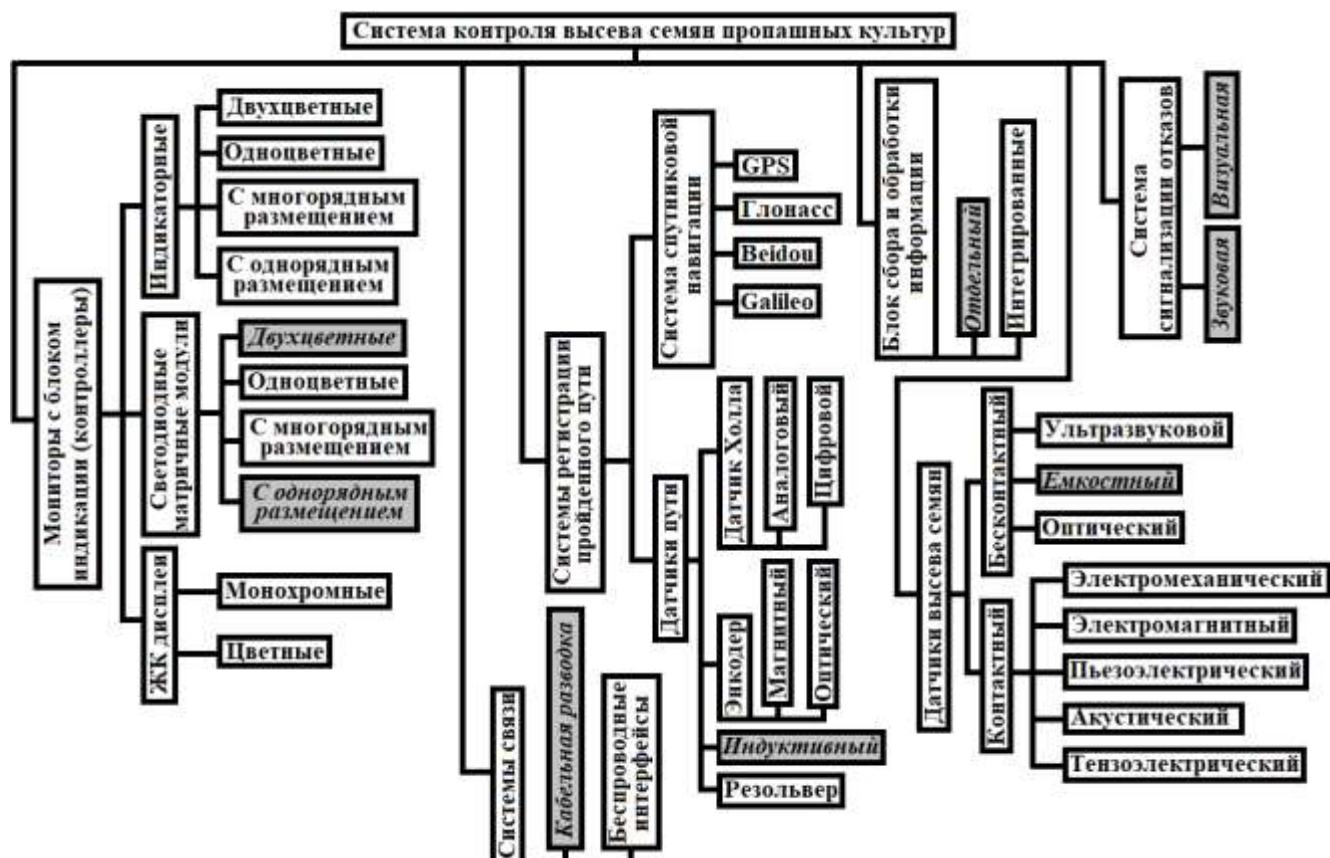


Рисунок 1.4 – Классификация систем контроля высева семян.

Система контроля высева «РИТМ» [40], содержит соединенные кабельной разводкой и закрепленные при помощи специальных кронштейнов на сеялке и тракторе ёмкостные датчики высева семян, индуктивный датчик пути и монитор с

блоком индикации со светодиодным матричным модулем и блоком обработки данных, снабженный быстродействующим микропроцессором и модернизированной операционной программой.

Таблица 1.1 – Сравнительный анализ системы контроля высева семян.

Название СКВС	Тип блока индикации	Датчик вращения вентилятора	Датчик уровня семян	Тип датчика высева семян	Датчик пути (скорости)
РИТМ	Числовой	По согласованию с заказчиком	По согласованию с заказчиком	Емкостный	Индуктивный
Факт	Графический	+	-	Емкостный	Индуктивный
СКИФ-04	Графический	-	+	Оптический	Индуктивный
Нива-23	Графический	+	-	Емкостный	Индуктивный
МК-8/12	Индикаторный	+	+	Оптический	-
Record	Графический	-	+	Оптический	Индуктивный
Элсис	Числовой	-	-	Оптический	Индуктивный
МРІЯ-3	Индикаторный	+	-	Оптический	GPS
Синид-97	Индикаторный	+	+	Емкостный	Индуктивный
Monada	Индикаторный	-	+	Оптический	Индуктивный

Эта система имеет большое количество проводов, соединяющих датчики на сеялке с дисплеем в кабине трактора. Светодиодные матричные модули на блоке индикации монитора дисплея установлены в два ряда, что вызывает трудности при считывании информации, рисунок 1.6. Датчик высева выходит из строя из-за деформации щек сошника, возникающей вследствие давления, оказываемого почвой при отклонении движения посевного агрегата с находящимися в рабочем положении высевающими аппаратами. Отмеченные недостатки системы контроля отрицательно влияют на надежность и информированность. Кроме того, система контроля имеет узконаправленное применение, ограниченное количеством высевающих аппаратов на сеялке.



Рисунок 1.6 – Монитор СКВС «РИТМ»

Системы контроля высева «ФАКТ» [41], Нива-23 [42], СКИФ-Т04, рисунок 1.7 [43], содержат датчики высева семян, датчик пути соединенные кабельной разводкой с дисплеем, включающим монитор и блок обработки данных.

При работе системы затруднено считывание информации на мониторе дисплея из-за не достаточной контрастности жидкокристаллических индикаторов. Система оснащена слабым звуковым сигналом, который может быть не услышан во время работы трактора. Блок обработки данных имеет невысокую информационную чувствительность. Дисплей неудобен в эксплуатации и не защищен от механических повреждений.



Рисунок 1.7 – Система контроля высева семян СКИФ-Т04

Система контроля «МК-8/12» содержит датчики высева семян, установленные в сошниках высевающих аппаратов сеялки и соединенные кабельной разводкой с блоками обработки данных и индикации [44], рисунок 1.8.



Рисунок 1.8 – Блок индикации СКВС «МК-8/12»

Блок индикации устройства выполнен в виде сигнальных светодиодов, которые высвечиваются только при прекращении высева в какой-либо высевающей секции.

Система «МРІЯ-3» служит для контроля процесса посева семян пропашных культур. Содержит датчики высева семян, блок обработки информации, монитор. Определение скорости движения агрегата и нормы высева при помощи встроенного GPS модуля, рисунок 1.9 [45].



Рисунок 1.9 – Монитор СКВС «МРІЯ-3»

При работе системы затруднено считывание информации на мониторе дисплея. Система GPS иногда определяет местонахождение спутников, по причине слабого сигнала, процедура может растянуться на несколько минут. Система GPS (Navstar) принадлежит правительству США, поэтому оно устанавливает погрешность в сигналы спутников [46].

СКВС «RECORD» [47] содержит соединенные кабельной разводкой и закрепленные при помощи специальных кронштейнов на сеялке и тракторе

оптические датчики высева семян, рисунок 1.7, индуктивный датчик пути и панель высева, представляющая собой промышленный TFT цветной монитор.

Недостатком систем с оптическими датчиками является то, что при загрязнении, во время работы, снижается чувствительность датчика при пролете семян, тем самым ухудшается качество работы СКВС.

На российском рынке так же представлено множество иностранных фирм производящих систему контроля высева семян (Horsch, Ultima и др. [48,49,50,51,52]), схожих по принципу работы с рассмотренными выше, но их цена превышает аналоги в 5-10 раз.

Основным требованием, предъявляемым к устройствам автоматического контроля за работой сеялок, является надежность их функционирования в обычных полевых условиях независимо от изменений параметров внешней среды (влажность, температура и запыленность воздуха, вибрация сеялки и др.), простота конструкции и удобство в эксплуатации.

Требования к блоку обработки информации датчиков диктуются в основном видом и объемом выходной информации, оптимальные значения которых должны определяться с учетом следующих условий: объем информации должен быть достаточным для своевременного обнаружения отказов в работе сеялки; вид информации (система сигнализации) должен быть удобным для восприятия трактористом. Оптимальным является вариант, когда световая и звуковая сигнализации срабатывают только при нарушении процесса высева, а во всех остальных состояниях (кроме сигнала включения самих устройств контроля) остается отключенной.

Для повышения эффективности работы автоматической системы контроля сеялок точного высева, секционного исполнения, датчики уровня семян в бункере, контроля высева, забивания семяпроводов и сошников необходимо устанавливать на каждой посевной секции, т. е. соответственно в каждом бункере, высевающем аппарате, сошнике (семяпроводе).

Блок обработки информации от датчиков в этом случае целесообразно строить по схеме параллельной обработки сигналов. Такая схема, по сравнению с

последовательной поканальной, является менее сложной и обеспечивает достаточно высокую надежность и быстродействие. Недостатки этой схемы - громоздкость, повышенная потребность в электропитании, в большом количестве комплектующих элементов и проводов, а также повышенная стоимость. Однако благодаря высокому быстродействию устройства, собранные по схеме параллельной обработки сигналов, позволяют до минимума сократить просевы, а, следовательно, связанные с ними потери урожая, что окупает отмеченное повышение стоимости.

Системы автоматического контроля работы сеялок точного высева должны иметь режимы автоматической проверки исправности входящих в них устройств, что позволит с минимальными затратами времени проверить их работоспособность непосредственно перед посевом и в процессе работы.

Конструкция блока представления выходной информации должна учитывать наличие вибрации и значительный диапазон колебаний уровня освещенности в кабине трактора, а также удобство наблюдения за системой сигнализации.

Немаловажным требованием, предъявляемым к системам автоматического контроля, является максимальная унификация их отдельных функциональных узлов, с применяемыми на других по назначению сеялках, а также элементов различных устройств, входящих в данную систему (датчиков, усилительно-преобразующих устройств, и др.) [53].

1.5 Обзор элементов системы контроля высева семян

Анализ имеющихся конструкций устройств автоматического контроля процесса высева-подачи семян высевающими устройствами аппаратов показывает, что в большинстве случаев они различаются принципом действия датчиков, конструктивным их исполнением и местом расположения относительно высевающих устройств, т. е. объектов контроля. Поэтому обзор этой группы устройств можно вести по конструкциям датчиков высева с указанием их особенностей и области применения, рисунок 1.4 [27].

По виду взаимодействия (соприкосновения) чувствительных элементов с потоком семян имеющиеся в настоящее время датчики контроля высева можно разделить на контактные и бесконтактные.

По принципу действия контактные датчики делятся на электромеханические (реле), акустические, пьезоэлектрические и тензоэлектрические; бесконтактные – на ультразвуковые, оптические (фотоэлектрические) и емкостные.

Контактные датчики преимущественно используются в устройствах контроля высева зерновых и других сеялок обычного рядового посева. Наибольшее распространение получили датчики электромеханического типа. Их отличительной особенностью является конструктивное выполнение чувствительных элементов. В большинстве отечественных и зарубежных конструкций датчиков в качестве чувствительных элементов используются шарнирно закрепленные пластины, один конец которых устанавливается на пути потока семян, другой связан с контактными устройствами, формирующими электрические импульсы для последующей передачи их в блоки обработки информации [27, 28].

Первым типом контактных датчиков является электромеханический тип (реле). О работе реле судят по его характеристике управления. Она имеет релейный характер: скачкообразное увеличение выходной величины $У$ при некотором значении входной электрической воздействующей величины X (ток, напряжение, частота и т.п.) и такое же скачкообразное уменьшение выходной величины. При всех остальных значениях воздействующей входной величины выходная величина не меняется или изменяется незначительно. Реле — это автоматический аппарат релейного действия, в основном предназначенный для коммутации цепей управления более мощных аппаратов (например, цепи обмотки электромагнитного контактора), сигнализации, связи и так далее, а также для суммирования и разложения сигналов [27, 28].

Акустические датчики предназначены для контактной и бесконтактной регистрации импульсов частичных разрядов в высоковольтном оборудовании. Датчики хотя и называются акустическими, но основной частотный диапазон для них существенно выше порога слышимости человеческого уха – это

ультразвуковые колебания от 30 кГц и выше, у некоторых датчиков даже до 300 кГц.

При контактном измерении частичных разрядов акустическими датчиками регистрируются колебания конструкций высоковольтного оборудования, обычно поверхностей баков и корпусов. Наилучшие результаты при контактном измерении частичных разрядов получаются в том случае, когда баки оборудования заполнены жидкой средой, обычно изолирующим и охлаждающим маслом, которое является идеальной средой для распространения акустических импульсов. При бесконтактном измерении частичных разрядов акустическим датчиком регистрируются колебания, передающиеся непосредственно по воздуху. Поскольку воздух менее плотен, чем жидкости, то реальная чувствительность акустических измерений в этом случае оказывается существенно более низкой, чем при контактном измерении [27, 28].

По принципу своей работы акустические датчики для измерения частичных разрядов бывают двух типов – зарезонансные и резонансные. Разница между этими датчиками однозначно определена в их названии: зарезонансные акустические датчики позволяют регистрировать сигналы на частотах, превышающих частоту собственного (механического) резонанса пьезокристалла, являющегося частью общей конструкции датчика.

Для надежной регистрации импульсов частичных разрядов частота собственного резонанса датчика должна быть не больше $15 \div 20$ кГц, тогда при помощи этого датчика можно регистрировать импульсы с частотой от 30 кГц и выше. Чтобы полностью исключить влияние резонансных колебаний пьезокристалла на выходе датчика, внутрь его обязательно встраивается электронный фильтр, подавляющий колебания на резонансной частоте, и все более низкие частоты. Выходной сигнал зарезонансного датчика обычно имеет ту же частоту, что и регистрируемые колебания конструкции оборудования.

Резонансные акустические датчики для регистрации импульсов частичных разрядов работают на частоте собственного установочного резонанса пьезокристалла, оптимальное значение которого для таких датчиков обычно

составляет 40 кГц. Вне зависимости от частоты регистрируемого акустического сигнала выходной сигнал резонансного датчика всегда имеет эту частоту 40 кГц, то есть пьезокристалл импульсно возбуждается от внешнего акустического воздействия и «звенит» на собственной частоте.

Длительность затухания резонансных колебаний на выходе датчика почти полностью зависит от механической добротности конструкции датчика и очень мало связана с параметрами акустического импульса. Резонансный принцип работы пьезокристалла обеспечивает высокую чувствительность такого датчика при сравнительно невысокой цене. Однако при использовании резонансных датчиков происходит потеря части первичной информации о контролируемом импульсе – отсутствует возможность анализировать его частоту и некоторые другие параметры.

Основным достоинством акустических датчиков является сравнительная простота и оперативность монтажа на заземленных поверхностях высоковольтного оборудования, особенно если в их конструкции уже заложено использование магнитного крепления [27, 28].

Самым большим недостатком применения различных акустических датчиков для регистрации частичных разрядов является наличие в их выходном сигнале большого уровня паразитного шума, наведенного на датчик извне от которого обычно бывает очень трудно избавиться.

Пьезоэлектрический датчик, измерительный преобразователь механического усилия в электрический сигнал; его действие основано на использовании пьезоэлектрического эффекта. Пьезоэлектрические датчики широко используются в промышленности и во многих других отраслях. Существует большое количество пьезоэлектрических датчиков, такие как пьезоэлектрические датчики серии Т, волоконно-оптический пьезоэлектрический (кварцевый) датчик импульсного давления, пьезоэлектрические датчики вибрации, на основе пьезоэлектричества работают и многие другие приборы, например пьезоэлектрический громкоговоритель.

Пьезоэлектрический датчик – измерительный преобразователь механического усилия в электрический сигнал; его действие основано на использовании пьезоэлектрического эффекта. Под действием измеряемого давления на внешней и внутренней сторонах пары пластин пьезоэлектрика возникают электрические заряды, причём суммарная ЭДС (между выводом и корпусом) изменяется пропорционально давлению. Пьезоэлектрические датчики целесообразно применять при измерении быстроменяющегося давления; если давление меняется медленно, то возрастает погрешность преобразования из-за «стекания» электрического заряда с пластин на корпус. Основные достоинства пьезоэлектрических датчиков — их высокие динамические характеристики и способность воспринимать колебания давления с частотой от десятков Гц до десятков МГц. Применяются при измерениях вибраций и деформаций и т.д. [27, 28].

Принцип работы тензоэлектрических датчиков схож с пьезоэлектрических датчиков, отличием является то, что в процессе работы изменяется сопротивление датчика.

Работа ультразвуковых датчиков основана на пьезоэффекте – изменении геометрических размеров керамической или кварцевой пластины при подаче на нее электрического поля и появлении электрического поля на поверхностях пластины при механических воздействиях на нее. Колебания пластины с частотой прикладываемого электрического поля вызывают появление звуковых волн такой же частоты. Эти волны распространяются в воздухе со скоростью звука - 330 м/сек. Они, подобно эху, отражаются от предметов и возвращаются к излучателю. Воздействуя на пластину, звуковые волны вызывают появление на ней электрического поля. Пьезокерамическая (кварцевая) пластина работает вначале излучателем, а потом приемником ультразвуковых волн. Диапазон срабатывания датчика регулируется изменением мощности излучения этих волн (датчики с подстройкой диапазона срабатывания при помощи потенциометра) или промежутком времени, когда датчик ждет отражение (программирование встроенной кнопкой или внешним устройством). Кроме того, в ультразвуковых

датчиках приемник и излучатель могут быть выполненными в различных корпусах [29, 30,82-86].

Недостатком датчиков данного типа является малая разрешающая способность, т.е. данный тип датчиков обеспечивает малую вероятность регистрации отдельных семян.

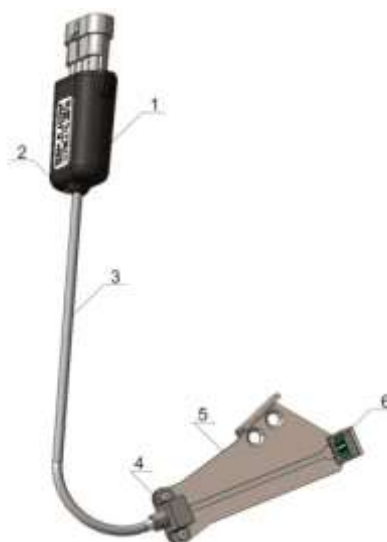
Принцип работы оптических датчиков (или фотоэлектрических) схож с ультразвуковыми датчиками. Оптический датчик состоит из двух главных составляющих: излучатель и приёмник. Излучатель, в свою очередь, состоит из корпуса, излучателя, подстроечного элемента, генератора и индикатора. Приёмник состоит из корпуса, фотодиода, подстроечного элемента, электронного ключа, триггера, демодулятора и индикатора [31].

В основной массе фотодатчики работают в инфракрасной области спектра. Фотоэлектрические датчики делятся на три основных типа:

T – тип или THRU-BEAM (разнесенная оптика) или датчики на прерывание оптического луча. Состоят из приемника и излучателя, которые устанавливаются друг напротив друга. Объект, проходя между приемником и излучателем, прерывает оптический луч, что приводит к изменению состояния выходного ключа приемника.

R – тип или RETRO (с отражением от световозвращателя/рефлектора). Излучатель и приемник находятся в одном корпусе. Оптический импульс, посланный излучателем, отражается от рефлектора и попадает на приемник. Прерывание луча объектом, расположенным между рефлектором и датчиком, приводит к изменению состояния выходного ключа датчика.

D – тип или DIFFUSE (с отражением от объекта). Отражение оптического луча происходит непосредственно от объекта обнаружения. При отсутствии объекта оптическая линия разомкнута, при приближении к датчику объекта, часть энергии (зависит от цвета объекта и его шероховатости) оптического импульса отражается от объекта и попадает на приемник датчика расположенный в одном корпусе с излучателем, что приводит к изменению состояния выходного ключа.



1 – корпус датчика с платой; 2 –светодиод; 3 – кабель; 4 – приемник сигнала; 5 – кронштейн датчика; 6 – излучатель.

Рисунок 1.7 – Оптический датчик СКВС «RECORD»

На малых расстояниях, в пределах «мертвой зоны» датчики R – типа воспринимают объект как отражатель, в результате чего обнаружение объекта не происходит. Для исключения таких случаев следует применять датчики с поляризационным фильтром [31].

Достоинством датчиков данного типа является высокая разрешающая способность, высокое быстродействие, однако, надежность и точность их срабатывания в условиях высокой запыленности резко снижается, на рисунке 1.7 представлен пример оптического датчика СКВС «RECORD».

Принцип работы датчиков емкостного типа основан на регистрации изменения емкости конденсатора при попадании диэлектрика между обкладок конденсатора [32].

Принцип работы электронного емкостного датчика расстояния построен на изменении емкости плоского или цилиндрического конденсатора в зависимости от перемещения одной из обкладок. Также учитывается такой показатель как диэлектрическая проницаемость среды между обкладок. Одно из преимуществ подобных устройств – простая конструкция, которая позволяет достичь хороших показателей прочности и надежности.

Также измерители этого типа не подвержены искажениям показателей при перепадах температуры. Единственно условие для точных показателей при измерении перемещения – защита от пыли, влажности и коррозии. При качественной фиксации перемещения диэлектрика между пластин конденсатора высокая запыленность не влияет на точность фиксации, поскольку измерительная схема реагирует на резкое изменение емкости, возникающее при помещении диэлектрика между обкладок.

Емкостные датчики широко используются в самых разнообразных отраслях. Простые в изготовлении приборы отличаются низкой себестоимостью производства, при этом обладают длительным сроком эксплуатации и высокой чувствительностью.

В зависимости от исполнения устройства делятся на одноемкостные и двухемкостные. Второй вариант более сложен в изготовлении, но отличается повышенной точностью измерений.

Наиболее часто емкостные датчики используют для измерения линейных и угловых перемещений, причем конструкция устройства может различаться в зависимости от метода измерения (меняется площадь электродов, либо зазор между ними). Для измерения угловых перемещений используют датчики с переменной площадью обкладок конденсатора.

Емкостные преобразователи используют для измерения давления. Конструкция предусматривает наличие одного электрода с диафрагмой, которая под действием давления изгибается, меняя емкость конденсатора, что фиксируется измерительной схемой. Емкостные измерители могут использоваться в любых системах управления и регулирования. В энергетике, машиностроении, строительстве обычно используют датчики линейных и угловых перемещений. Емкостные преобразователи уровня наиболее эффективны при работе с сыпучими материалами и жидкостями, и часто используются в химической и пищевой промышленности.

Электронные емкостные датчики применяются для точного измерения влажности воздуха, толщины диэлектриков, различных деформаций, линейных и

угловых ускорений, гарантируя точность показателей в самых разных условиях [32, 33].

Данный тип датчиков является наиболее приемлемым для использования в системах контроля высева семян пропашных культур, поскольку обладают низкой чувствительностью к пыли, высокой помехозащищенностью, низкой себестоимостью и высокой надежностью.

Для определения пройденного пути, нормы высева в СКВС используются различные устройства от датчиков вращения приводного колеса до системы спутниковой навигации, рисунок 1.5.

Энкодер – это устройство для преобразования угловых или линейных перемещений в аналоговый или цифровой сигнал [34]. Преобразовываться может как само перемещение, так и скорость такого перемещения. Отсюда вытекают два основных класса энкодеров – абсолютные энкодеры и инкрементальные энкодеры. Кроме того, энкодеры классифицируют по физическому принципу действия: оптические, магнитные и др. [35]

Оптический энкодер – основан на принципе оптического сканирования. В основе энкодера, находится вращающийся, хорошо отцентрированный диск, с расположенной на нём сеткой (кодовым рисунком), состоящим из набора меток (рисок). Данный диск установлен между светодиодом и приемным оптическим элементом [36].

Световой поток направляется специальной неподвижной маской через решетку вращающегося диска и, далее, попадает на приемный фотоэлемент, который создает сигнал пропорциональный светосиле. Вращение диска приводит форму сигнала к виду синусоидальной волны.

Оптические энкодеры получили наибольшее распространение в промышленности. Главным плюсом оптических энкодеров является хорошее разрешение. У недорогих моделей этот показатель равен 500-1000-2000 физических рисок на оборот. В лучших образцах разрешение доведено до 10000 рисок на оборот.

Магнитный энкодер – основан на принципе сканирования изменения магнитного поля. Это сравнительно новый вид датчиков обратной связи, в котором вращается магнитный диск с количеством пар полюсов типа север - юг от 2 до 50.

Специальный датчик на расстоянии до 0,5-2 мм считывает соответствующие синусоиды. Далее сигнал интерполируется, оцифровывается и направляется на устройство управления верхнего уровня.

Наибольшее распространение получили линейные магнитные датчики перемещений. Это связано, в первую очередь с тем, что сами по себе линейные датчики являются приборами прямого, непосредственного измерения перемещений, по сравнению с датчиками вращения. Это позволяет автоматически компенсировать люфты трансмиссии и прочей механики. Во-вторых, магнитные датчики гораздо менее чувствительны к загрязнениям внешней среды, чем оптические [34,35,36].

Энкодеры являются сложными инструментами, применяемыми в основном в сервоприводах, автоматических многоосевых токарных и фрезерных станках, а также в случаях контроля точных линейных (миллиметры и микрометры) и угловых (минуты и секунды) перемещений. Излишняя точность вместе с высокой стоимостью и низкой устойчивостью к вибрации делают данный вид датчиков малоприменимым в сельскохозяйственной технике.

Резольвер представляет собой синусно-косинусный вращающийся трансформатор, на одну из обмоток которого подаётся напряжение, а с другой, ортогональной обмотки, снимается аналоговая синусоида, по фазе которой можно судить о положении ротора относительно статора [37].

Главное достоинство резольвера в том, что он не настолько чувствителен, как оптический энкодер. Ведь для правильной работы энкодера важно соблюдать зазоры между источником – диском-приёмником. Эти зазоры уходят за свои допустимые границы обычно по двум причинам. Первое – это износ подшипников мотора или механизма, что вызывает как радиальные, так и осевые биения на валу. Второе – проблемы, связанные с установкой энкодера. Даже несильные постукивания, даже деревянной киянкой, могут повредить энкодер. Такие же

проблемы бывают при установке сервоприводов с уже предустановленным энкодером.

По этой причине у многих производителей сервомоторов в линейке существует резольверная версия обратной связи.

Датчик Холла – магнитоэлектрическое устройство, получившее своё название от фамилии физика Холла, открывшего принцип, на основе которого впоследствии и был создан этот датчик. Различают аналоговые и цифровые датчики Холла [38].

Цифровые датчики определяют наличие, либо же отсутствие поля. То есть, если индукция достигает некоего порога – датчик выдаёт присутствие поля в виде некой логической единицы, если порог не достигнут, то датчик выдаёт логический ноль. При слабой индукции и, соответственно, чувствительности датчика – наличие поля может быть не зафиксировано. Недостаток такого датчика – наличие зоны нечувствительности между порогами.

Цифровые датчики Холла разделены на биполярные и униполярные [38].

Униполярные – срабатывают при наличии поля определённой полярности и отключаются при снижении индукции поля.

Биполярные – реагируют на смену полярности поля, то есть одна полярность – включает датчик, другая – выключает.

Аналоговые датчики Холла преобразуют индукцию поля в напряжение, величина, показанная датчиком, зависит от полярности поля и его силы. При этом нужно учитывать расстояние, на котором установлен датчик.

Датчики Холла стали частью многих приборов. В основном они используются по прямому назначению и измеряют напряжённость магнитного поля. Применяются в электродвигателях и даже в таких инновациях, как ионные двигатели ракет. Чаще всего датчики Холла используются в системе зажигания автомобиля.

Принцип работы датчика Холла основан на эффекте Холла – если в магнитное поле поместить пластину под напряжением с протекающим по ней током, то электроны в этой пластине отклонятся перпендикулярно направлению

магнитного потока. Направление такого отклонения зависит от полярности магнитного поля. Таким образом, плотность электронов на разных сторонах пластины будет отличаться, что создаст и разность потенциалов. Эту разность и улавливают датчики Холла [38].

Главным недостатком является высокая чувствительность к электромагнитным помехам, возникающим в цепи питания. Кроме того, датчик Холла дороже магнитоэлектрического и менее надежен, поскольку содержит электронную схему.

Индуктивный датчик – бесконтактный датчик, предназначенный для контроля положения объектов из металла (к другим материалам не чувствителен) [39].

Принцип действия основан на изменении амплитуды колебаний генератора при внесении в активную зону датчика металлического, магнитного, ферромагнитного или аморфного материала определенных размеров. При подаче питания на конечный выключатель в области его чувствительной поверхности образуется изменяющееся магнитное поле, наводящее во внесенном в зону материале вихревые токи, которые приводят к изменению амплитуды колебаний генератора. В результате вырабатывается аналоговый выходной сигнал, величина которого изменяется от расстояния между датчиком и контролируемым предметом. Триггер Шмитта преобразует аналоговый сигнал в логический.

Достоинства данного типа датчиков: простота конструкции, высокая надежность, полное отсутствие скользящих контактов, которые быстро выходят из строя, высокая чувствительность и срабатывание только на металл, делают данный тип датчиков наиболее приемлемым для использования в составе системы контроля высева семян.

Целью данной работы является повышение качества посева пропашных культур путем разработки системы контроля высева семян.

Для реализации цели необходимо решить следующие задачи:

– провести анализ элементов системы контроля для обеспечения надежной и качественной работы пропашных сеялок;

- провести теоретические расчеты геометрических и электрических параметров датчиков;
- провести лабораторные исследования датчиков высева и пути;
- обосновать местоположение элементов системы контроля, регистрирующих и отображающих параметры высева;
- определить в лабораторных условиях качественные показатели высева семян экспериментальной системой контроля;
- провести полевые испытания разрабатываемой системы контроля высева семян;
- провести анализ экономической целесообразности использования систем контроля высева семян.

Выводы по разделу

1. Проведен анализ процесса высева семян механическим и пневматическим высевающими аппаратами, выявлены причины выхода из строя высевающих аппаратов и способы контроля этих факторов.

2. На основании анализа Российских и зарубежных систем контроля высева семян, установлено, что наиболее приемлемым для использования в системах контроля высева семян пропашных культур является емкостный тип датчиков, поскольку данный тип датчиков обладает низкой чувствительностью к пыли, высокой помехозащищенностью, низкой себестоимостью и высокой надежностью. Для регистрации пройденного сеялкой расстояния целесообразно использовать индуктивные датчики пути, которые отличаются простотой конструкции, высокой надежностью, полным отсутствием скользящих контактов, которые быстро выходят из строя, высокая чувствительность и срабатывание только на металл.

3. Установлено, что система контроля высева семян сеялками точного высева должна иметь режим автоматической проверки исправности входящих в нее блоков, датчиков и каналов связи с целью максимально оперативного реагирования на возможные отказы в процессе ее подготовки к работе, а также непосредственно в процессе эксплуатации.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Агротехнические требования к посеву семян пропашных культур

К посеву пропашных культур предъявляются требования по равномерному продольному распределению заданного количества семян в рядках с заделкой их на установленную глубину и расположением прямыми рядами с одинаковой шириной междурядий [55].

Качественный и своевременный посев в значительной степени определяет дальнейшее развитие растений и формирование структуры и качества урожая [56-59].

Основными и непременными условиями, сопутствующими качественному посеву, особенно при рядовом способе с односемянным и гнездовым размещением семян, являются предпосевная обработка почвы и подготовка семян, соответствующие агротехническим требованиям.

Установлено, что лучшие условия для работы сеялок точного высева создаются, когда поверхность почвы тщательно взрыхлена на глубину заделки семян и выровнена до состояния, при котором в слое 0-5 см не содержится комьев и растительных остатков размером более 30 мм [59-61].

Посев пропашных культур должен проводиться на взрыхленном выровненном поле, почва в слое 0-5 см не должна содержать комьев и растительных остатков размерами более 30 мм. При этом комья размером от 1 до 10 мм должны составлять не менее 50%, пылевидные частицы (менее 0,25 мм) – не более 10%.

Одним из важных показателей качества посева является равномерность распределения семян в рядке. Обеспечению дружных и равномерных всходов способствует расположение семян на плотном ложе, которые закрыты влажной почвой. При этом в зоне расположения семян почва должна быть уплотненной, а в поверхностном слое рыхлой [62-63].

Отклонение фактической нормы высева семян: кукурузы – не более $\pm 2\%$, сои – не более $\pm 3\%$, подсолнечника – не более $\pm 5\%$, сахарной свеклы – не более $\pm 15\%$. Отклонение нормы одновременно вносимых удобрений не более $\pm 10\%$.

При пунктирном посеве отклонение от расчетного интервала между семенами в рядке не более $\pm 30\%$, а количество семян с указанным допустимым отклонением от общего числа не менее 85%.

При точном высева не менее 80% одиночных семян должно размещаться на заданном расстоянии одно от другого [62-64]. Число пропусков не должно превышать 2% от числа посеянных семян.

Неравномерность высева семян отдельными посевными секциями допускается не более $\pm 4\%$. Рядки должны быть прямолинейными, отклонение от осевой линии рядка на длине 50 м допускается не более 4 см. Допустимые отклонения ширины основных междурядий не более $\pm 3\%$, а ширины стыковых междурядий не более $\pm 7\%$.

Глубина посева зависит от гранулометрического состава почвы и влажности ее верхнего слоя. Так глубина посева на тяжелых почвах не должна превышать 4-5 см, на легких – 6-7 см. отклонение от заданной глубины заделки – не выше 15%. Не заделанных семян не должно быть [65].

Оптимальная глубина заделки семян большинства пропашных культур находится в пределах от 2 до 5 см, а ее рассеивание с коэффициентом вариации 20-25% не оказывает существенного влияния на основные параметры произрастания. Отклонение глубины заделки отдельных семян от средней, должно быть не более $\pm 15\%$, что при глубине посева 3-4 см составляет $\pm 0,5$ см, 4-5 см – $\pm 0,7$ см, при 6-8 см – ± 1 см.

Равномерность глубины заделки семян при заданной глубине 3-4, 4-5 и 6-8 см средняя глубина заделки может отклониться от нее не более чем на $\pm 0,5$; $\pm 0,7$; см. $\pm 1,0$ соответственно [66-68].

Овощные сеялки должны обеспечивать заданную глубину высева семян; одинаковый высев каждым высевающим аппаратом (отклонение не более $\pm 4\%$); равномерную заделку семян на требуемую глубину (отклонение не более ± 1 см);

прямолинейность рядков (отклонение от ширины основных междурядий – 2 см, а стыковых ± 5 см); повреждение семян высевальными аппаратами не более 0,3 %.

При посеве пропашных культур должна соблюдаться прямолинейность рядков, и обеспечена ровная поверхность засеянного поля. При этом не допускаются просевы, огрехи и не заделанные семена на поверхности поля.

Повреждение семян высевальными аппаратами не должно превышать 1%.

Возделывание и оптимальная густота стояния растений, при прочих равных условиях, зависят от полевой всхожести семян. Создание оптимальной густоты стояния позволяет обеспечить растениям равнозначные факторы жизнедеятельности, такие как свет, тепло, влага, элементы минерального питания.

Указанные агротехнические требования должны соблюдаться при рабочей скорости посевных агрегатов, не превышающей 2-2,5 м/с [68].

Составной частью агротехнических требований, предъявляемых к посевным машинам, являются технико-эксплуатационные и производственно-технологические показатели. Они определяют основные параметры посевного агрегата: ширину захвата, рабочие скорости, потребляемую мощность, производительность, срок службы, коэффициенты готовности и надежности технологического процесса, условия техники безопасности и удобства эксплуатации.

Показанные основные элементы агротехнических требований, предъявляемых к посеву семян пропашных культур, по мере развития агробиологической науки и технических средств посева будут уточняться. На данном этапе они могут послужить основой для разработки новых более совершенных посевных машин и агрегатов.

2.2. Технологический процесс подачи семян на семенное ложе

Технологический процесс подачи семян на семенное ложе можно разделить на несколько основных этапов, на каждом из которых необходимо осуществлять контроль.



Рисунок 2.1 – Контроль процесса высева на различных этапах

Контроль наличия семян в бункере может осуществляться с помощью датчиков различных типов: ультразвуковых, микроволновых, акустических, емкостных и т.д.

Контроль подачи семян к высевающему аппарату осуществляется для предотвращения просеивания из-за забивания семяпроводов. Осуществлять контроль подачи семян можно с помощью датчиков высева, в том числе оптических, емкостных и т. д. [59].

Контроль работы высевающего аппарата осуществляется по-разному для механических и пневматических высевающих аппаратов. Для механических заключается в контроле вращения диска высевающего аппарата. Для пневматических, помимо вращения диска, необходимо контролировать вращение вентилятора или разрежение в пневматической системе. Для контроля работы высевающих аппаратов подходит широкий круг датчиков и измерительных систем: индукционные датчики, устанавливаемые напротив специальных меток, энкодеров, для определения вращения, различных мановакуумметров для определения разрежения.

Контроль равномерности подачи семян осуществляется с помощью датчиков высева различных типов с учетом скорости движения посевного агрегата для определения количества семян на погонный метр.

Контроль подачи семян на семенное ложе означает контроль на минимальном расстоянии от расчетной точки размещения семени в борозде. Осуществляется с помощью датчиков высева [64].

Контроль процессов работы посевного агрегата целесообразно осуществлять одновременно на нескольких этапах одновременно, при условии сильной зависимости процессов. Например, контроль работы посевного агрегата, контроль равномерности распределения семян и контроль размещения семян на семенном ложе целесообразно совместить, размещением датчика высева после точки отрыва семени от высевающего диска, поскольку нарушения на любом из этапов работы посевного агрегата можно определить на данном этапе [61].

2.3 Определение траектории полета семян для механического высевающего аппарата

Проведенные аналитические исследования различных систем контроля высева семян показали, что оптимальное место для установки датчиков высева должно быть максимально близким к выходу системы, а именно располагаться в сошнике, однако, во избежание механического повреждения датчика, а также забивания датчика почвой, должно находиться на расстоянии не более 50 мм от точки отрыва семян от диска высевающего аппарата.

Оптимальным типом датчиков для систем контроля высева семян пропашных культур является емкостной тип, в силу его высокой разрешающей способности, высокой чувствительности, работоспособности в условиях сильной запыленности, нечувствительности к помехам, возникающим при работе посевного агрегата [62].

Для определения достаточной универсальной длины чувствительной зоны датчика высева было проведено аналитическое исследование траектории полета

семян с момента их отрыва от диска высевающего аппарата до чувствительных пластин датчика для механического и пневматического высевающих аппаратов.

При расчетах были использованы параметры диска механического высевающего аппарата, производства АО «Азовский оптико-механический завод» [63].

Координаты траектории полета семени без учета силы сопротивления воздуха выражается известными зависимостями (1), графики представлены на рисунке 2.2:

$$\begin{cases} x = V_0 \cdot t \\ y = y_0 - \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (2.1)$$

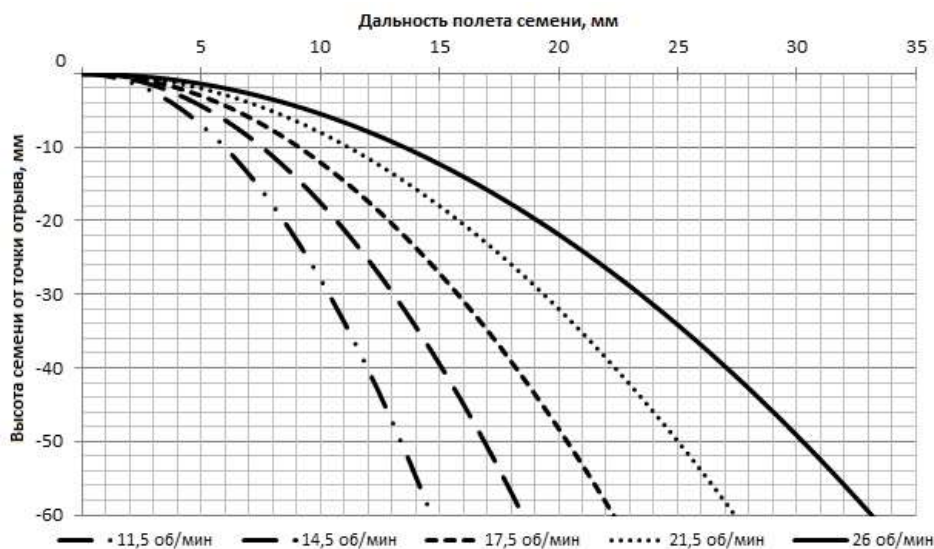


Рисунок 2.2 – Теоретическая траектория полета семян в зависимости от скорости вращения диска механического высевающего аппарата без учета силы сопротивления воздуха

С учетом влияния на семя силы сопротивления воздуха система уравнения (2.1) примет вид:

$$\begin{cases} x = V_{0x} \cdot t - \frac{a_x \cdot t^2}{2} \\ y = y_0 - \frac{g \cdot t^2}{2} + \frac{a_y \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (2.2)$$

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле:

$$F_{sopr} = C_x \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \frac{S_{mid}}{2} \quad (2.3)$$

Где $C_x = 0,4$ – коэффициент лобового сопротивления (для семян шарообразной формы);

ρ – плотность воздуха, кг /м³;

V – скорость полета семени, м/с;

S_{mid} – площадь поперечного сечения семени, м².

Преобразуя систему уравнений (2.2) с учетом выражения (2.3), система уравнений для определения теоретической траектории полета семени с учетом сопротивления воздуха принимает вид:

$$\begin{cases} x = V_{0x} \cdot t - \frac{C_x \cdot \rho \cdot V_x^2 \cdot S_{mid} \cdot t^2}{4 \cdot m} \\ y = \frac{C_x \cdot \rho \cdot V_y^2 \cdot S_{mid} \cdot t^2}{4 \cdot m} - \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (2.4)$$

Выражая начальную скорость семени через частоту вращения диска высевающего аппарата получим:

$$\begin{cases} x = - \frac{\sqrt{V_{0x}^2 \cdot m^2 \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2 \cdot \pi^2}{900} - C_x \cdot m \cdot \rho \cdot V_x^2 \cdot S_{mid} \cdot x - \frac{m^2 \cdot \omega \cdot r \cdot \pi}{15}}}{4 \cdot m} \\ y = \frac{C_x \cdot \rho \cdot V_y^2 \cdot S_{mid} \cdot t^2}{4 \cdot m} - \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (2.5)$$

В окончательном виде уравнение теоретической траектории полета семени может быть представлено следующим образом:

$$y = \frac{\left(\sqrt{V_{0x}^2 \cdot m^2 \cdot \frac{\omega^2 \cdot r^2 \cdot \pi^2}{900} - C_x \cdot m \cdot \rho \cdot V_x^2 \cdot S_{mid} \cdot x - \frac{m^2 \cdot \omega \cdot r \cdot \pi}{15}} \right)^2 (C_x \cdot \rho \cdot V_y^2 \cdot S_{mid} - 4 \cdot m \cdot g)}{128 \cdot m^3} \quad (2.6)$$

В результате численного эксперимента с использованием выражения (2.6) были получены теоретические траектории полета семян различных культур, в зависимости от частоты вращения диска высевающего аппарата.

Исходя из анализа теоретических траекторий полета семени на различных скоростных режимах высевающего диска, можно определить длину чувствительной зоны емкостного датчика, обеспечивающую надежную

регистрации пролета отдельных семян, которая должна быть не менее 30 мм при установке датчика высева на высоте 50 мм от точки отрыва семени от диска высевающего аппарата [64].

На рисунке 2.3 представлены результаты расчетов траектории семян сои с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, при фиксированных значениях частоты вращения высевающего диска и различными высотами установки датчика высева семян относительно его боковой поверхности. Результаты расчетов для других пропашных культур приведены в приложении А.

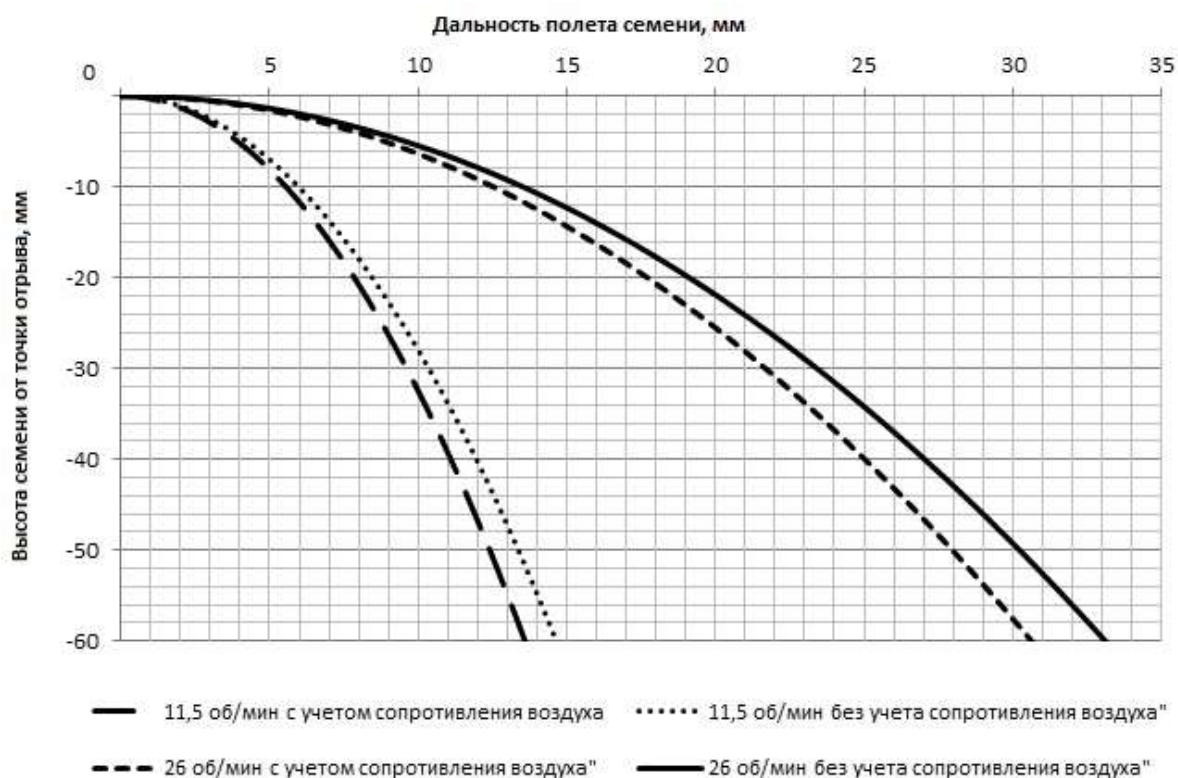


Рисунок 2.3 – Сравнение теоретических траекторий полета семян с учетом и без учета силы сопротивления воздуха

Анализируя полученные траектории полета семян сои, можно заключить следующее. Длина чувствительной зоны датчика высева в большей степени зависит от частоты вращения диска. Так, при высоте установки датчика в сошнике на расстоянии от высевающего диска в 50 мм, длина его чувствительной зоны варьирует от 12 до 13 мм при частоте вращения диска 11,5 об/мин с учетом и без учета силы сопротивления воздуха соответственно.

При увеличении частоты вращения диска до 26 об/мин при той же установке датчика, длина его чувствительной зоны варьирует от 28 до 30 мм с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, соответственно. Увеличение частоты вращения высевающего диска с 11,5 до 26 об/мин, т.е. в 2,26 раза приводит к удлинению чувствительной зоны датчика по сравниваемым вариантам. Следовательно, при указанной высоте установки датчика, длина чувствительной зоны (пластины) должна составлять не менее 30 мм со смещением относительно точки выброса семян из ячеек не менее 5 мм для механического высевающего аппарата.

2.4 Определение траектории полета семян для пневматического высевающего аппарата

Для унификации датчиков высева были проведены аналогичные расчеты для пневматического высевающего аппарата. За основу приняли пневматический высевающий аппарат с диском, производства ЗАО «Техника-Сервис», г. Воронеж.

Графики координат траектории полета семени без учета силы сопротивления воздуха представлены на рисунке 2.4.

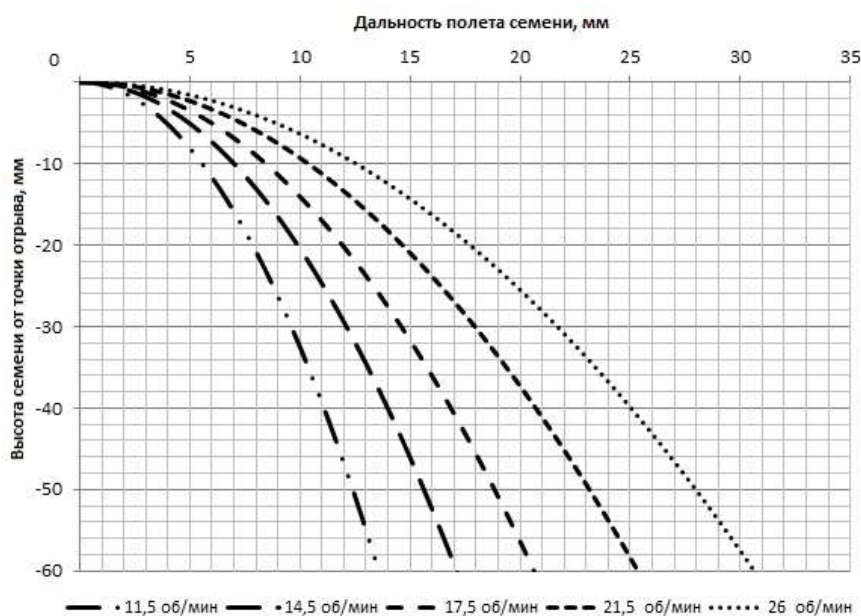


Рисунок 2.4 – Теоретическая траектория полета семян сои в зависимости от частоты вращения диска пневматического высевающего аппарата с учетом силы сопротивления воздуха

В результате обработки данных с использованием выражения (2.6) были получены теоретические траектории полета семян сои, в зависимости от частоты вращения диска пневматического высевашего аппарата.

Анализируя полученные траектории полета семян, можно сделать следующий вывод: длина чувствительной зоны датчика посева в большей степени зависит от частоты вращения диска. Так, при высоте установки датчика в сошнике на расстоянии от посевающего диска в 50 мм, длина его чувствительной зоны варьирует от 10 до 12 мм при частоте вращения диска 11,5 об/мин с учетом и без учета силы сопротивления воздуха соответственно.

При увеличении частоты вращения диска до 26 об/мин при той же установке датчика, длина его чувствительной зоны варьирует от 23 до 28 мм с учетом и без учета силы сопротивления воздуха, соответственно. Увеличение частоты вращения посевающего диска с 11,5 до 26 об/мин, т.е. в 2,26 раза приводит к удлинению чувствительной зоны датчика по сравниваемым вариантам. Следовательно, при указанной высоте установки датчика, длина чувствительной зоны (пластины) должна составлять не менее 30 мм без смещения относительно точки выброса семян из ячеек для пневматического посевающего аппарата.

2.5. Сравнение траектории полета семян для механического и пневматического посевающих аппаратов для семян различных культур

Согласно проведенным расчётам, при условии одинаковой частоты вращения дисков, были получены следующие данные: на расстоянии 50 мм от точки отрыва минимальное смещение было получено для пневматического посевающего аппарата 10,3 мм и 12,5 мм для механического посевающего аппарата. Различия траектории для семян различных культур не являются значимыми.

Максимальное значение, согласно расчётам, составляет 28,3 мм для механического посевающего аппарата и 23,3 мм для пневматического аппарата.

Отличия, полученные для разных типов посевающих аппаратов, обоснованы различным радиусом дисков (отверстий на диске посевающего аппарата), а не на

типе высевающего аппарата. Т.е. траектория полета семян находится в сильной зависимости от окружной скорости семени в момент отрыва семени от диска (отверстия). Влияние размеров и массы семян является минимальным, ввиду малого размера семян и относительно малой скорости вращения.

Таким образом, разрабатываемый датчик высева семян является универсальным, т.е. может применяться для контроля работы любых типов высевающих аппаратов.

2.6. Исследование электрических параметров датчика высева.

Разрабатываемый датчик высева должен быть универсальным, т.е. подходить для определения движения семян различного размера. Семена люпина обладают самыми большими размерами среди семян пропашных культур, высеваемых в Тамбовской области, диаметр семян в поперечнике может достигать до 15 мм. Соответственно, расстояние между обкладками датчика должно обеспечивать беспрепятственный пролет семян. Таким образом за требуемое минимальное расстояние между обкладками было принято расстояние равное 20 мм.

Кроме того, датчик должен обеспечивать надежную регистрацию движения семян самых маленьких размеров, при учете минимального расстояния между пластинами.

Емкость конденсатора вычисляется по формуле:

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot S/d \quad (2.7)$$

где C – емкость, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость среды, S – площадь конденсатора, d – расстояние между обкладками конденсатора [65].

Достаточным условием для надёжного срабатывания датчика является изменение емкости на 5%. Таким образом, при полученных в ходе расчетов параметрах датчика: длина чувствительной зоны 55 мм, с учетом удлинения на 55 % для обеспечения контроля, в случаях несвоевременного выпадения семян из

ячеек, и расстоянии между пластин 20 мм, соответственно высота чувствительной зоны должна составлять 5 мм.

Изменение емкости, происходящее при пролете семян моркови, как семян самых мелких размеров, согласно формуле (7) составляет 0,008 пФ. При приведенных параметрах изменение емкости будет составлять 6,6%, что является достаточным для надежной регистрации пролета семян через датчик.

2.7 Расчет разрешающей способности датчика высева

Для расчета разрешающей способности были взяты параметры пневматического высевающего аппарата, производства Белгородского завода «Ритм». Количество отверстий на диске варьируется от 15 до 60, обороты диска - в пределах от 11,5 до 26 об/мин.

В приведенных условиях, время между пролетом двух семян составит от 26 мс до 345 мс, в зависимости от количества отверстий на диске и частоты вращения диска высевающего аппарата, таблица 2.1.

Таблица 2.1 – Расчет разрешающей способности датчика.

Количество отверстий в диске, шт.	Время между отдельными семенами с учетом размеров семян, мс	
	11,5 об/мин	26 об/мин
15	345	141
30	171	64
60	84	26

2.8 Взаимосвязь параметров и режимов работы высевающих систем с показателями качества работы

Интервальное размещение семян в рядке и норма их высева определяются из условия движения посевного агрегата.

За время его движения t , определяемого выражением

$$t = \frac{\pi \cdot \varphi_0}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial}}; \text{ или } t = \frac{L_z}{V_c} = \frac{L_z}{\omega_k \cdot R_k} \quad (2.8)$$

где L_z – горизонтальная проекция траектории движения колеса сеялки;

t – время движения;

V_c – скорость движения;

φ_0 – угол между соседними отверстиями на диске;

R_k – радиус опорно-приводного колеса, $R_k = f\{P_k\}$;

P_k – давление в шине опорно-приводного колеса;

ω_k – частота вращения колеса.

Количество высеянных семян составит:

$$Q = \frac{\pi \cdot \varphi_0}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial} \cdot b_p} \cdot n_{\Pi} [f(d_{\text{отв}}, P_{\text{в}}, c_1)] \quad (2.9)$$

где b_p – интервал;

n_{Π} – число присосавшихся семян к одному отверстию;

$d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия высевающего диска;

$P_{\text{в}}$ – давление в пневматической системе;

c_1 – конструктивный параметр съемных устройств [66].

Действительная норма высева семян определится выражением:

$$H = \frac{Q}{L_z} = \frac{\pi \cdot \varphi_0 \cdot n_{\Pi} [f(d_{\text{отв}}, P_{\text{в}}, c_1)]}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial} \cdot b_p} \cdot \frac{(1-\delta) \cdot R_k \cdot \varphi_k + \cos(\varphi_k - 1)}{V_c} \quad (2.10)$$

$$H = \frac{\pi \cdot \varphi_0 \cdot n_{\Pi} [f(d_{\text{отв}}, P_{\text{в}}, c_1)] \cdot \omega_k \cdot R_k}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial} \cdot b_p \cdot [(1-\delta) \cdot R_k \cdot \varphi_k + \cos(\varphi_k - 1)]} \quad (2.11)$$

Величина интервального размещения семян выразится уравнением вида:

$$b_p = \frac{\pi \cdot \varphi_0 \cdot n_{\Pi} [f(d_{\text{отв}}, P_{\text{в}}, c_1)] \cdot \omega_k \cdot R_k}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial} \cdot H \cdot [(1-\delta) \cdot R_k \cdot \varphi_k + \cos(\varphi_k - 1)]} \geq H_a \cdot B \quad (2.12)$$

$$b_p = \frac{\pi \cdot \varphi_0 \cdot n_{\Pi} [f(d_{\text{отв}}, P_{\text{в}}, c_1)] \cdot \omega_k \cdot R_k}{\varphi_{\partial} \cdot \omega_{\partial} \cdot H \cdot [(1-\delta) \cdot R_k \cdot \varphi_k + \cos(\varphi_k - 1)]} \quad (2.13)$$

где H – количество высеваемых семян на 1 м;

H_a – агротехнически обоснованная норма высева;

B – всхожесть семян;

φ_k – угол поворота колеса за время t ;

δ – буксование (проскальзывание) колеса сеялки.

Величина горизонтальной проекции траектории движения опорно-приводного колеса сеялки и путь, проходимый сошником высевяющего аппарата, не совпадают при отклонениях прямолинейности хода последних при превышении предельных зазоров в сопряжениях посевных секций и четырехзвенного механизма, т.е. возникают извилистые колебательные движения посевной секции [67-68].

2.9. Определение вероятности индикации семян датчиками высева.

Процесс высева можно разделить на два этапа: создание исходного потока семян высевяющим аппаратом; преобразование этого потока при движении семян до места их заделки в почву.

Поток семян, создаваемый высевяющим аппаратом, не является постоянным. Плотность потока, которую характеризуют количеством семян, приходящихся на единицу длины рядка или интервала, является случайной величиной, так как она зависит от бесчисленного количества случайных воздействий [70].

При использовании средств контроля необходимо индцировать пролет отдельных семян в полости сошника.

Из экспериментальных исследований известно [71], что интервал между пролетом отдельных семян в полости сошника за время t_i является случайной величиной, функция распределения которого описывается показательным законом:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2.14)$$

где принято, что λ - интенсивность высева, а сам поток семян является простейшим, т.е. удовлетворяет требованиям: ординарности, стационарности и отсутствию последействия. Тогда вероятность пролета семян с заданной интенсивностью λ для интервала $t_i > t$ можно определить из выражения (2.14):

$$P_0(t) = 1 - F(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.15)$$

Разложив выражения (2.15) в ряд Тейлора в окрестности точки $t=0$, получим:

$$P_0(t) = 1 - \lambda t + o(t) \quad (2.16)$$

Обозначим через $P_j(t)$ вероятность того, что за время t в высеваящей секции пролетело j зерен. Определим вероятность $P_j(t + \Delta t)$ по формуле полной вероятности, с учетом условий стационарности и отсутствия последействия для потока семян [72]:

$$P_j(t + \Delta t) = \sum_{k=0}^{\infty} P_k(t) \cdot P_{j-k}(\Delta t) \quad (2.17)$$

где $P_{j-k}(\Delta t)$ – вероятность события, состоящего в том, что за время Δt в высеваящей секции пролетит $j - k$ семян, при условии, что за время t пролетело j семян.

Кроме того, из условия ординарности потока, для $j > 1$, можно принять:

$$P_{j>0}(t) = o(\Delta t) \quad (2.18)$$

Это означает, что за малое время Δt в высеваящем канале не может пролететь много семян.

Таким образом из уравнений (2.16), (2.17), (2.18) следует, что

$$P_j(\Delta t) = \lambda \Delta t + o(\Delta t) \quad (2.19)$$

Подставляя выражения (2.16), (2.18) и (2.19) в равенство (2.17) получим

$$P_j(t + \Delta t) = P_{j-1}(t)\lambda\Delta t + P_j(t)(1 - \lambda\Delta t) + o(\Delta t) \quad (2.20)$$

Перенесем $P_j(t)$ в левую часть, поделим члены уравнения на Δt и перейдем к пределу в равенстве (2.20) при $\Delta t \rightarrow 0$. Получим линейное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$\frac{dP_j(t)}{dt} = -\lambda P_j(t) + \lambda P_{j-1}(t), \quad j = 1, \dots, n \quad (2.21)$$

Для $j=0$ уравнение (2.21) примет вид:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -\lambda P_0(t) \quad (2.22)$$

Решения уравнений (2.21) и (2.22) осуществим посредством замены:

$$P_j(t) = e^{-\lambda t} V_j(t) \quad (2.23)$$

Подстановка этого выражения в уравнения в (2.21) (2.22) показывает, что в терминах функций $V_j(t)$ они принимают вид:

$$\left. \begin{aligned} V_j'(t) &= \lambda V_{j-1}(t) \\ V_0'(t) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.24)$$

Отметим, что при $t=0$ имеют место следующие равенства:

$$V_0(0) = P_0(0) = 1; V_j(0) = P_j(0) = 0, \quad (k \geq 1) \quad (2.25)$$

из которых следует, что за нулевой интервал времени ни одно зерно не пролетит в высевальном канале.

Подставляя последовательно их в уравнения (2.24) получим:

$$V_0(t) = 1; V_1(t) = \lambda t; V_2(t) = \frac{(\lambda t)^2}{2!} \text{ и вообще для любых } j:$$

$$V_j(t) = \frac{(\lambda t)^j}{j!} \quad (2.26)$$

Возвращаясь к функции $P_j(t)$ из выражения (2.23) получим формулу Пуассона:

$$P_j(t) = \frac{(\lambda t)^j}{j!} e^{-\lambda t} \quad (2.27)$$

Датчик, находящийся в высевальной секции, контролирует пролет семян с некоторой вероятностью, так как индицирует не все семена, а только те, которые попадают в его активную зону фиксированной ширины. Если за время t пролетело j зерен, то вероятность события, что в зоне действия датчика пролетит k семян ($k < j$) равна:

$$P_{j,k}(t) = C_j^k p^k (1-p)^{j-k} \quad (2.28)$$

Где C_j^k – число сочетаний из j по k , p – вероятность индикации семян датчиком, по результатам тарировки или расчета. Вероятность $P_k(t)$ того, что за время t датчик зарегистрирует k семян с учетом выражения (2.27) определим по формуле полной вероятности:

$$P_k(t) = \sum_{j=k}^{\infty} P_j(t) C_j^k p^k (1-p)^{j-k} \quad (2.29)$$

Подставляя сюда значение $P_j(t)$ из выражения (2.27) и проделав алгебраические преобразования получим:

$$P_k(t) = \sum_{j=k}^{\infty} \frac{(\lambda t)^j}{j!} e^{-\lambda t} \cdot \frac{j!}{k!(j-k)!} \cdot p^k (1-p)^{j-k} = \frac{(\lambda p t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \sum_{j=k}^{\infty} \frac{(\lambda t)^{j-k}}{(j-k)!} (1-p)^{j-k} \\ p)^{j-k} = \frac{(\lambda p t)^k}{k!} e^{-\lambda t} e^{\lambda(1-p)t} = \frac{(p\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda p t} \quad (2.30)$$

Это выражение определяет вероятность регистрации k семян датчиками высева при заданной интенсивности высева семян и известном p датчика.

Для случая $k=0$ это выражение будет равно:

$$P\{t_c > t\} = P_{k=0}(t) = e^{-\lambda p t} \quad (2.31)$$

и функция распределения $F_{t_c}(t)$ определится как:

$$F_{t_c}(t) = 1 - P(t_c > t) = 1 - e^{-\lambda p t} \quad (2.32)$$

Таким образом, можно утверждать, что интервалы между сигналами от датчика распределены по показательному закону с параметром $p\lambda$.

Выводы по разделу

1) Произведен анализ технологического процесса подачи семян на семенное ложе, в результате чего были выделены отдельные этапы данного процесса, и выявлена необходимость контроля процесса на определенных этапах, ввиду зависимости последующих процессов на результатах предыдущих.

2) Проведен математический анализ траектории движения семени после отрыва семени от диска высевающего аппарата для механических и пневматических высевающих аппаратов.

3) Произведен расчет электрических параметров датчиков высева семян, а также расчет разрешающей способности датчика

4) По результатам теоретических исследований получены зависимости, позволяющие определить размеры чувствительной зоны емкостного датчика высева. Согласно всем проведенным расчетам для унификации датчиков высева длина чувствительной зоны датчика должна быть не менее 55 мм и устанавливаться датчик должен в полости сошника на расстоянии от точки отрыва семени от диска не менее 50 мм для исключения возможности механического повреждения датчика, а также его забивания почвой.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью проведения экспериментальных исследований являлась проверка основных теоретических предположений и выводов, определение оптимальных конструктивных и режимных параметров разработанной системы контроля высева.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось выполнение следующих этапов:

1. Провести лабораторные исследования работы системы контроля высева семян:

- осуществить выбор типа датчиков высева и пути;
- определить работоспособность датчиков высева и пути в зависимости от их местоположения на высевающем аппарате и сеялке и технических характеристик при высеве различных семян (сои, кукурузы, подсолнечника, свеклы, люпина и др.).

- определить тип и местоположение элементов системы контроля, регистрирующих и отображающих параметры высева (сбор и обработка поступающих от датчиков сигналов, накопление и отображение информации).

2. Провести обработку результатов лабораторных исследований.

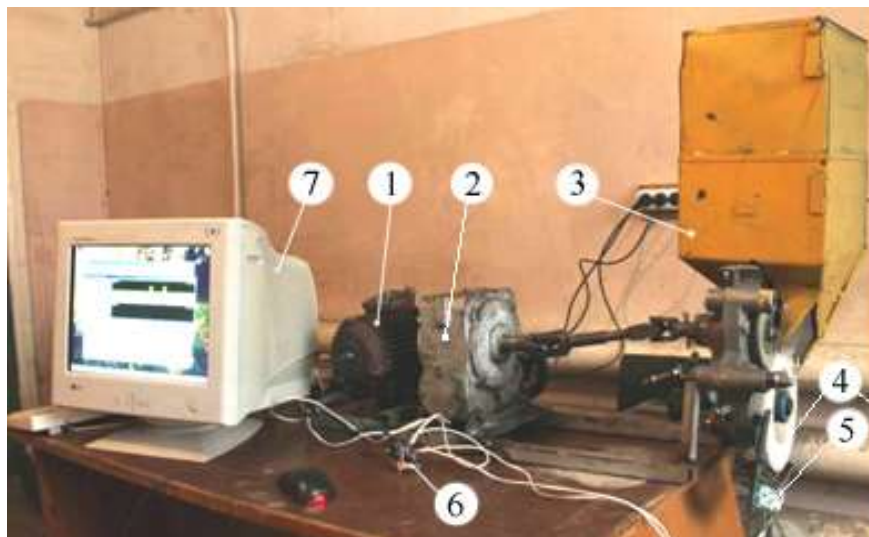
3. Провести полевые исследования сеялки с установленной системой контроля высева семян и определить оптимальные и режимные параметры ее работы:

- равномерность распределения семян сои в гнездах;
- соблюдение нормы высева семян;

4. Провести технико-экономическую оценку посевного агрегата с разработанными высевающими аппаратами и системой контроля высева.

3.1 Методика экспериментальных исследований параметров высева

Лабораторные исследования параметров высева проводили в лаборатории «Использование МТА» ФГБНУ ВНИИТиН на специально изготовленной установке, рисунок 3.1.



1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – высевающий аппарат; 4 – диск; 5 – датчик высева семян; 6 – приставка к LPT-порту; 7 – монитор компьютера

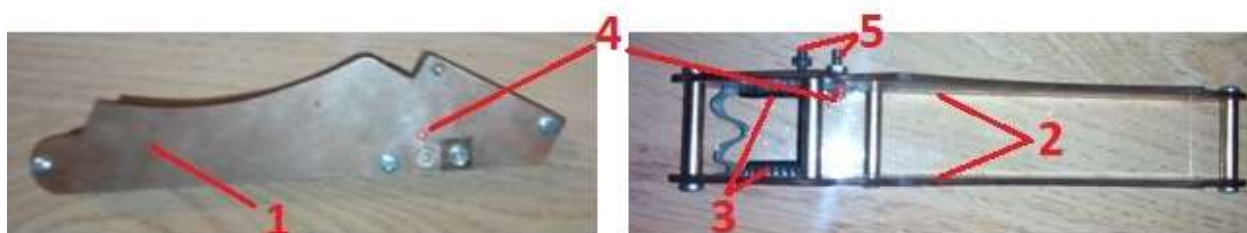
Рисунок 3.1 – Экспериментальная установка для исследования высевающего аппарата и системы контроля высева семян

Установка состоит из рамы, на которой смонтирован электродвигатель 1, редуктор 2, высевающий аппарат 3. Вращение диска 4 высевающего аппарата 3 осуществляется от электродвигателя 1 с пускозащитной аппаратурой, через ременную передачу и шкивы на редуктор 2 и карданную передачу. Число оборотов высевающего диска изменяется перестановкой шкивов ременной передачи на редукторе и электродвигателе. Для выбора скоростного режима экспериментального диска, определяющего работоспособность высевающего аппарата, использовали инвертор TOSVERT VF-S11 [74], который позволяет устанавливать числа оборотов трехфазного электродвигателя изменением частоты тока.

Окружную скорость диска измеряли тахометром ТЧ-1М/100 путем умножения показаний счетчика на соответствующее передаточное отношение привода высевающего диска.

3.2 Методика исследований емкостного датчика высева семян

При проведении лабораторных исследований использовался экспериментальный датчик, рисунок 3.2.



а) вид сбоку

б) вид сверху

1 – боковая пластина; 2 – чувствительный элемент; 3 – микросхема; 4 – световой индикатор; 5 – шпильки крепления проводов

Рисунок 3.2 – Экспериментальный емкостный датчик высева семян

Исследуемый датчик 5 устанавливался на штатив 3 под высевающим диском 2 установки с возможностью изменения расстояния до его боковой поверхности, траектория полета семян визуально определялась по координатной сетке 4, рисунок 3.3.

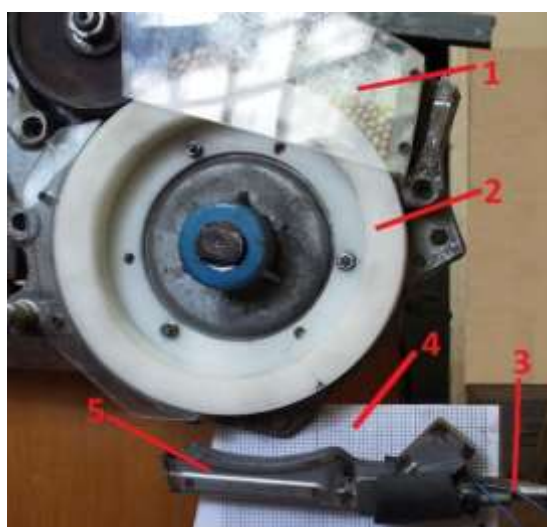


Рисунок 3.3 – Экспериментальная установка для определения параметров ёмкостного датчик высева семян

Конструкция датчика и способ его установки позволяли изменять расстояние между чувствительными пластинами в зоне пролета семян и его местоположение относительно высевающего диска [75].

Экспериментальный датчик подключался через LPT-порт к персональному компьютеру. С помощью разработанного программного обеспечения, обрабатывающего сигнал с датчика высева, возникающего при пролете семян различных культур через пластины датчика и позволяющего определить чувствительность и длительность импульса с точностью до одной миллисекунды.

Приспособление для исследования местоположения датчика высева относительно высевающего диска состоит из штатива, с закрепленным в нем датчиком высева, который выставлялся по угломеру на определенный угол относительно горизонта: 0; 22,5; 45 и 67,5 градусов. Семена кукурузы, сахарной свеклы (дражированные), подсолнечника, люпина, сои, гороха и моркови (дражированные) сбрасывали с определенной высоты для пролета между чувствительными пластинами датчика. Фиксировали продолжительность импульса в миллисекундах от пролета различных семян с помощью LPT-порта при установленных положениях датчика. Далее полученные данные обрабатывались по специально разработанной программе.

Определение траектории полета семян, выпавших из ячеек экспериментальных дисков, в зависимости от частоты их вращения, осуществляли на установке, представленной на рисунке 3.3 с использованием видеосъемки на камеру GoPro HERO4 [76]. Полученные видеоматериалы обрабатывались на ЭВМ по специально разработанной методике, в результате которой определялись координаты траектории отдельного семени в конкретный момент времени через чувствительные пластины датчика. Фиксация координат осуществлялась на сетке, нанесенной на листе с шагом 1-3 мм, который размещался в полости и ниже сошника.

За нулевую точку начала координат (0;0) принималась точка начала выпадения семени из ячейки диска или отрыва семени от отверстия на диске после отсечки вакуума при использовании пневматического высевающего аппарата.

Данные о координатах траектории семени заносились в программу для статистической обработки полученной информации с помощью программы Microsoft Excel. На основе анализа покадровой обработки данных экспериментов строились график траектории полета семян, в зависимости от частоты вращения высевающего диска, в результате чего определялось оптимальное местоположение датчика высева семян в полости сошника.

Для выявления гарантированного срабатывания датчика при пролете семени между чувствительными пластинами определялась относительная диэлектрическая проницаемость (C_0) исследуемых семян посредством измерения емкости датчика (конденсатора) мультиметром DM 6243. Для этого измерялась емкость датчика (конденсатора) при изменяемом расстоянии между чувствительными пластинами и размещении семени определенной культуры. В процессе исследований устанавливалось расстояние с определенным интервалом между чувствительными пластинами датчика и в присутствии этого семени измерялась емкость (C_{x1}). Повторность опыта с семенами одной культуры десятикратная. Вычислялось среднее значение диэлектрической проницаемости для семян каждой культуры.

3.3 Методика экспериментальных исследований индуктивного датчика пути

Для выявления местоположения индуктивного датчика пути на сеялке и обоснования его конструктивных и размерных характеристик были проведены исследования на специально изготовленном экспериментальном стенде, рисунок 3.4. Определялось расстояние между торцом стержня индуктивной катушки и головками болтов, их количество на диске имитирующего ступицу приводного колеса сеялки.

Экспериментальный стенд состоит из специального кронштейна 1 для установки исследуемого индуктивного датчика пути 2, с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости относительно головок болтов 3, закрепленных гайками 4 в отверстиях диска 5, установленного на оси кронштейна

6. Диск 5 со ступицей 7 посредством оси 8 соединен с валом электродвигателя 9 через гибкую соединительную муфту 10. Напряжение к электродвигателю 9 подается от источника постоянного тока 11 через регулятор напряжения 12. Зазор между головками болтов 3 и чувствительного элемента датчика пути 2 устанавливается из условий исключения его механического повреждения от случайного соприкосновения с головками болтов при биении диска 5 и момента подачи сигнала от датчика 2 при прохождении головок болтов мимо чувствительного элемента. В исходном положении датчика 2 в начале исследований этот зазор составляет не менее 4 мм.

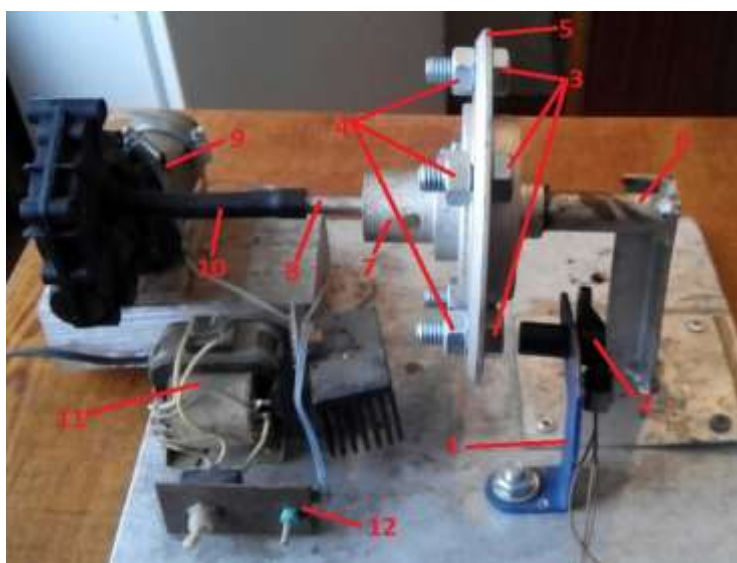


Рисунок 3.4 – Экспериментальный стенд для исследования индуктивного датчика пути

Сигналы, возникающие при прохождении головок болтов 4 мимо торца стержня индуктивной катушки датчика пути 2, обрабатывались при помощи системы контроля высева семян, используемой при проведении исследований, которые отображались на информационном табло контроллера.

Регулятором напряжения 12 изменяли частоту вращения диска 5, соответствующую скорости движения посевного агрегата. При установленных частотах вращения диска 5 фиксировали количество моментов (N_{fakt}) прохождения головок болтов 4 мимо датчика 2. При этом устанавливали количество ложных подач сигналов (N_{loj}) и фиксировали отсутствие сигналов (N_{ots}). После обработки

данных определяли количество неправильных срабатываний датчика 2 ($N_{ots}+N_{loj}$) от фиксированных моментов (N_{fakt}) на установленных частотах вращения диска 5 при тридцати оборотах диска.

3.4 Методика обработки экспериментальных данных

Данные измерений обрабатывались методом математической статистики с получением среднего значения, среднего квадратичного отклонения и коэффициента вариации с округлением до десятых долей целого числа.

Для обработки опытных данных использовали пакет программы Microsoft Excel и Mathcad. При этом определяли среднеарифметическое значение величины:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{n=1}^n X_i}{n}, \quad (3.1)$$

где X_i – действительное значение измеряемой величины;

n – количество повторностей опыта [78].

Среднее квадратичное отклонение величины:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

При обработке случайных величин также определялся коэффициент вариации:

$$v = \frac{\sigma}{\bar{X}} 100. \quad (3.3)$$

Показатель точности опыта, или относительную ошибку выборочной средней определялся по известной методике:

$$S_{om} = \frac{(\bar{X} + t_{0,05} \cdot \sigma) - \bar{X}}{\bar{X}} \cdot 100\%, \quad (3.4)$$

где $t_{0,05}$ – критерий Стьюдента.

Отклонение между теоретическими и экспериментальными зависимостями определялось по относительной ошибке:

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n \left(\frac{X_{pac} - \bar{X}}{X_{pac}} \right) \cdot 100 \%, \quad (3.5)$$

где $X_{рас}$ – расчетное значение величины;

$\bar{X}_{экс}$ – среднее арифметическое значение экспериментальной величины;

n – количество точек.

Для оценки приближения реального распределения к аппроксимирующему закону распределения случайной величины (интервалов между семенами) использовался критерий согласия Пирсона χ^2 :

$$\chi^2 = N \sum_{i=1}^i \frac{(P_i - P_i^*)^2}{P_i}, \quad (3.6)$$

где N – общее количество замеров случайной величины;

i – количество разрядов при обработке статистического ряда;

P_i и P_i^* – теоретическая и статистическая вероятность разрядов.

Результаты массовых измерений интервалов между двумя фронтами соседних импульсов от датчика высева при лабораторных исследованиях, интервалов между семенами в рядке обрабатывались методами математической статистики. По каждому опыту результаты замеров были систематизированы в статистические ряды, по ним были построены полигоны распределения случайных величин и определены их числовые характеристики. Для оценки приближения реального распределения к аппроксимирующему закону распределения случайной величины использовались критерии согласия Пирсона и А.Н. Колмогорова. Общее количество измерений определялось таким, чтобы относительная ошибка была не выше 5% [79].

3.5 Методика эксплуатационно-технологической оценки модернизированной сеялки

Эксплуатационно-технологическую оценку сеялки проводили в соответствии с ГОСТ 24055-2016 [82]. Оценка эксплуатационных качеств (свойств) сельскохозяйственной машины, характеризующих способность выполнять технологический процесс в пределах агротехнического срока, с оптимальной производительностью, при соблюдении заданного зональной технологией качества

работы и минимальными потерями сменного времени. При проведении эксплуатационно-технологической оценки модернизированной сеялки фиксируются: дата и место испытаний, вид работы и состав, наименование и марку испытуемой сеялки, условия испытаний, режим работы сеялки, объем выполненной работы, расход топлива, расход вспомогательных материалов, количество обслуживающего персонала, качество выполнения технологического процесса.

3.6 Методика технико-экономической оценки

Технико-экономическая эффективность применения нового агрегата выполнена на основе результатов проведенных экспериментальных исследований в соответствии с действующим стандартом ГОСТ 34393-2018 [83].

Экономический эффект оценивается согласно критерию – снижение эксплуатационных затрат, по следующему выражению:

$$\mathcal{E} = I_{пб} - I_{пн}, \quad (5.1)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект на единицу работы, руб.;

$I_{пб}$, $I_{пн}$ – эксплуатационные затраты на единицу работы соответственно по базовому и новому вариантам, руб.

Эксплуатационные затраты при использовании базового и нового агрегата складываются из амортизационных отчислений, затрат на техническое обслуживание и ремонт, затрат на топливо-смазочные материалы, оплаты труда механизатора и определяются по формуле:

$$A = Z + \Gamma + P + A, \quad (5.2)$$

где Z – затраты на оплату труда механизатора, руб.;

Γ – затраты на топливо-смазочные материалы, руб.;

P – затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт базового и нового агрегата, руб.;

A – затраты на амортизацию, руб.

Затраты на амортизацию определяют по формуле:

$$A = \frac{B \cdot a}{W \cdot T}, \quad (5.3)$$

где B – балансовая стоимость агрегата в базовом и новом варианте, руб.;

a – коэффициент отчислений на амортизацию базового и нового агрегата, %;

W – производительность агрегата за час основного времени, га;

T – годовая фактическая загрузка агрегата, ч.

Затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт базового и нового агрегата определяются по формуле:

$$P = \frac{B \cdot r_p}{W \cdot T}, \quad (5.4)$$

где r_p – коэффициент отчислений на техническое обслуживание и текущий ремонт базового и нового агрегата, %.

Затраты средств на топливо – смазочные материалы определяются по формуле:

$$\Gamma = q_T \cdot C_T \cdot K_{\text{см.м}}, \quad (5.5)$$

где q_T – удельный расход топлива, л/га;

C_T – цена одного литра топлива, руб./л;

$K_{\text{см.м}}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты на оплату труда механизатору определяется по формуле:

$$З = \frac{1}{W} \cdot L \cdot \tau \cdot K_3 \cdot K_c, \quad (5.6)$$

где L – количество механизаторов, чел;

τ – часовая оплата труда механизатору, руб./чел.-ч.;

K_3 – коэффициент начислений на зарплату;

K_c – коэффициент сложности выполнения работ в зависимости от типа энергосредства и вида технологической операции.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений по модернизированной сеялке $T_{\text{ок}}$, лет, определяется по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{B_{\text{н}} - B_{\text{б}}}{И}, \quad (5.7)$$

где $B_{\text{н}}$, $B_{\text{б}}$ – цена соответственно нового, базового агрегата предприятия-изготовителя (без НДС и торговой наценки) с учетом затрат на доставку и монтаж, руб.

Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений по модернизированному посевному агрегату $T_{ок}$, лет с учетом технологического эффекта, определяется по формуле:

$$T_{ок} = \frac{B_n - B_б}{I + \Delta_T}, \quad (5.8)$$

где Δ_T – технологический эффект, руб.

Верхний предел цены нового агрегата C_n , руб., определяется по формуле:

$$C_n = \frac{I}{a_n} + B_n, \quad (5.9)$$

где a_n – коэффициент отчислений на амортизацию модернизированной сеялки, %. Экономический эффект получен за счет снижения нормы высева и расхода инокулянта в 2 раза и повышения урожайности.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты лабораторных исследований элементов системы контроля высева семян

Система контроля, установленная на пропашных сеялках, предназначена для контроля процесса высева семян в режиме реального времени, которая выдает информацию: постоянно – норму высева по каждому высевающему аппарату; в режиме просмотра – пройденный путь, количество оборотов приводного колеса и засеянную площадь. Система информирует о фактической норме высева по каждому аппарату путем вывода текущей информации на монитор контроллера. Подачей звукового и светового сигналов информирует механизатора о технологическом или техническом отказе сеялки, отклонении скорости движения от запрограммированных пределов (5-12км/ч) и месте нарушения процесса высева.

Система контроля высева семян состоит из следующих элементов: емкостных датчиков высева, установленных в сошнике каждого высевающего аппарата, индуктивного датчика пути, монтируемого на консоли опорно-приводного колеса, контроллера с микропроцессором, устанавливаемого в кабине трактора, кабельной разводке по раме сеялки, жгута проводов, соединяющего сеялку с контроллером.

Выбор емкостного типа датчика высева семян обусловлен его высокой разрешающей способностью, высокой чувствительностью и работоспособностью в условиях сильной запыленности, нечувствительностью к помехам, возникающим при работе посевного агрегата. Датчик выполнен из нержавеющей стали. Чувствительная зона датчика образуется параллельно расположенными пластинами, между которыми существует поле определенного свойства. Семя, пролетая через эту зону, приводит к нарушению свойств поля. Электронная схема обрабатывает это изменение и появляется электрический сигнал. Пролет семян через датчик индицируется кратковременным загоранием светодиода. Питающие датчик провода одновременно являются информационными, что сокращает их количество. Датчики не реагируют на пыль, которая осаждается на них.

Система контроля высева семян оснащена бесконтактным индуктивным датчиком пути, который выполнен в пластиковом цилиндрическом корпусе. Электронная плата располагается внутри цилиндра и для обеспечения герметичности заливается эпоксидным компаундом. С лицевой стороны корпуса расположена чувствительная зона, а на противоположной стороне клеммы и светодиод для визуального наблюдения работы датчика. Место установки кронштейна датчика определяется из условия, что его торец должен располагаться на траектории движения головки болта крепления диска колеса сеялки. Расстояние между торцами головки болта и датчика должно быть в пределах 1-4 мм. При таком расположении датчика обеспечивается стабильное поступление электрических сигналов. Датчик не реагирует на пыль.

Контроллер предназначен для сбора и вывода на монитор информации о текущем состоянии процесса высева семян, информации о запрограммированных минимальной и максимальной скорости движения посевного агрегата, производительности и количестве засеянной площади, а также в случае установки соответствующих датчиков информации о низких оборотах вентилятора и минимальном остатке семян и удобрений в бункерах. Он отслеживает работу всех датчиков, установленных на сеялке.

На пластмассовом корпусе контроллера расположены монитор и кнопки управления. Представление информации на мониторе построено по принципу постоянного расположения знакомест по количеству установленных на сеялку высевающих аппаратов. Для лучшего зрительного восприятия, каждому номеру высевающего аппарата всегда соответствует свое знакоместо. На корпусе расположена розетка, в которую вставляется плоская вилка кабеля. Контроллер крепится на металлической подставке, которую закрепляют в кабине трактора.

Питание системы контроля осуществляется от бортовой сети трактора напряжением 12В.

Система контроля высева семян настраивается по программе, в которую закладываются следующие параметры: ширина захвата сеялки; диаметр приводного колеса; нижняя и верхняя границы нормы высева семян; количество

головок шпилек крепления диска приводного колеса; количество оборотов приводного колеса; включение/выключение звукового сигнала отклонения нормы высева от заданных границ; выключение/включение световой индикации каналов, где норма высева находится в заданных пределах; включение/выключение звукового и светового сигнала отклонения скорости сеялки от заданных границ; включение/выключение автостарт; включение/выключение датчиков высева.

При работе сеялки необходимо придерживаться такой скорости, движения, при которой отсутствует непрерывный звуковой сигнал и визуальный сигнал об отклонении от заданной скорости. Через определенное количество оборотов колеса, происходит изменение показаний нормы высева. При работе посевного агрегата в заданном режиме звуковой сигнал отсутствует, а на мониторе изменяются показания нормы высева семян в штуках на 1 метре рядка

Для обеспечения качественной и надежной работы системы контроля высева семян пропашных культур, необходимо устанавливать на сеялку её элементы в соответствии с агротехническими и эргономическими требованиями.

Конструктивные и электрические параметры емкостных датчиков высева и местоположение на сеялках были определены при проведении лабораторных исследований. Для отображения достоверной информации о норме высева необходимо минимизировать время пролета семени через чувствительную зону датчика. При проведении лабораторных исследований использовался экспериментальный датчик (раздел 3), который предусматривал изменение расстояния между чувствительными пластинами в зоне пролета семян и его местоположение относительно высевающего диска.

Нами определено, что расстояние между чувствительными пластинами датчика при пролете исследуемых семян культур не должно превышать 20 мм. Среднее время пролета семян различных культур (люпин, кукуруза, соя, драже сахарной свеклы, подсолнечник, горох, драже моркови) от угла установки датчика ($0; 22,5; 45$ и $67,5^\circ$) составляло от 8 до 23 миллисекунд. В результате получены гистограммы временных интервалов импульсов, возникающих при пролете семян через чувствительную зону датчика, рисунок 4.1.

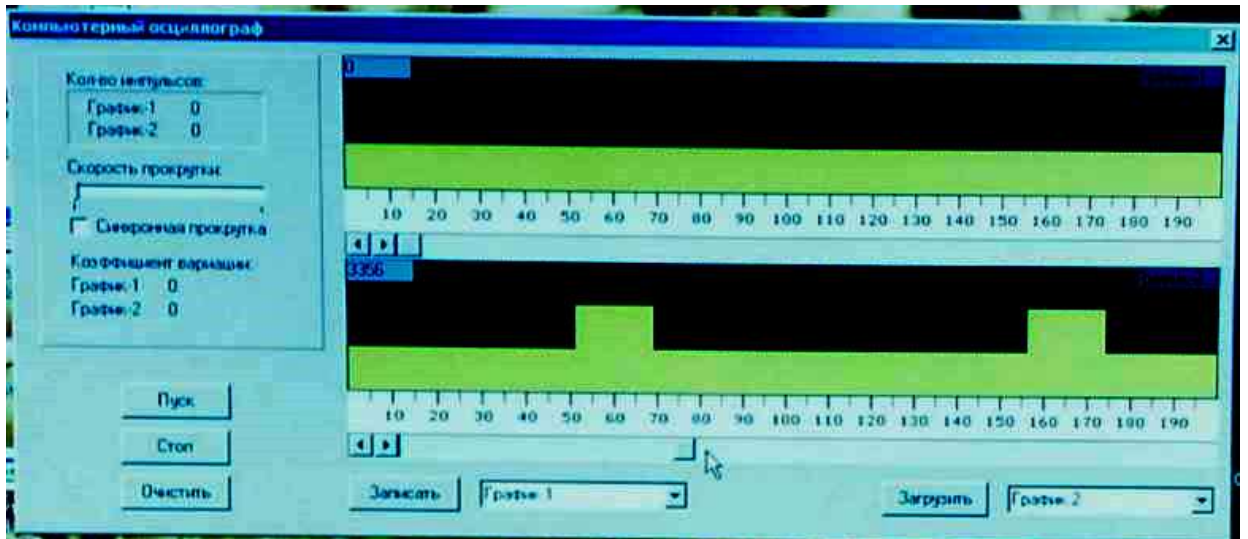


Рисунок 4.1 – Гистограмма временных интервалов импульсов

Наименьшие значения были получены при горизонтальной установке датчика относительно высевающего диска (рисунок 4.2).

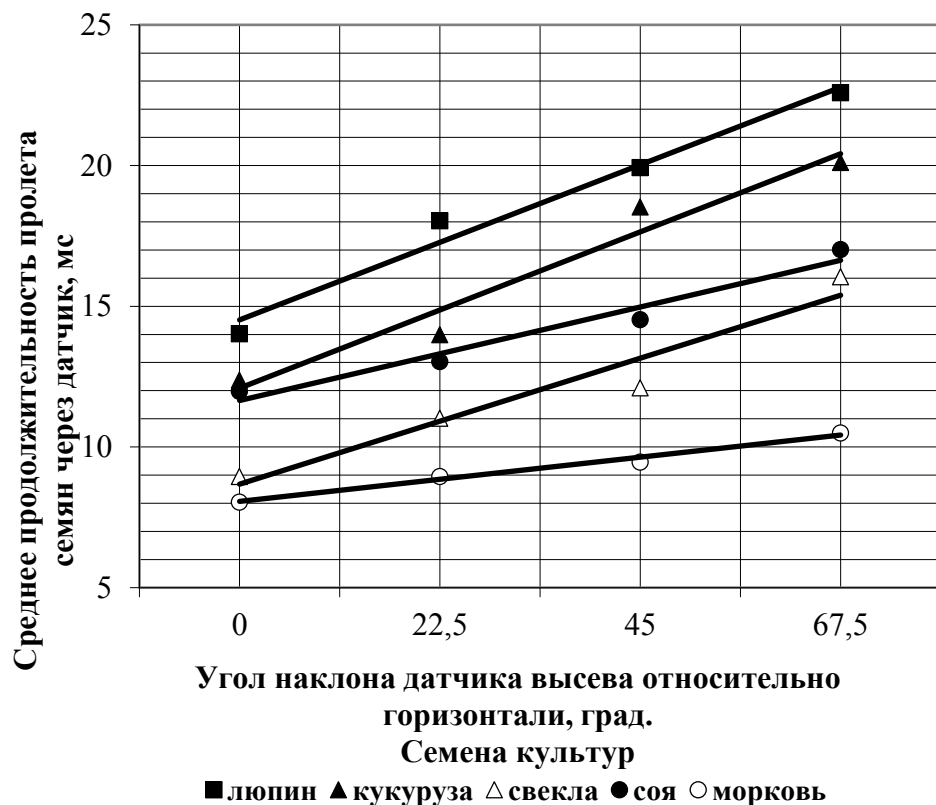
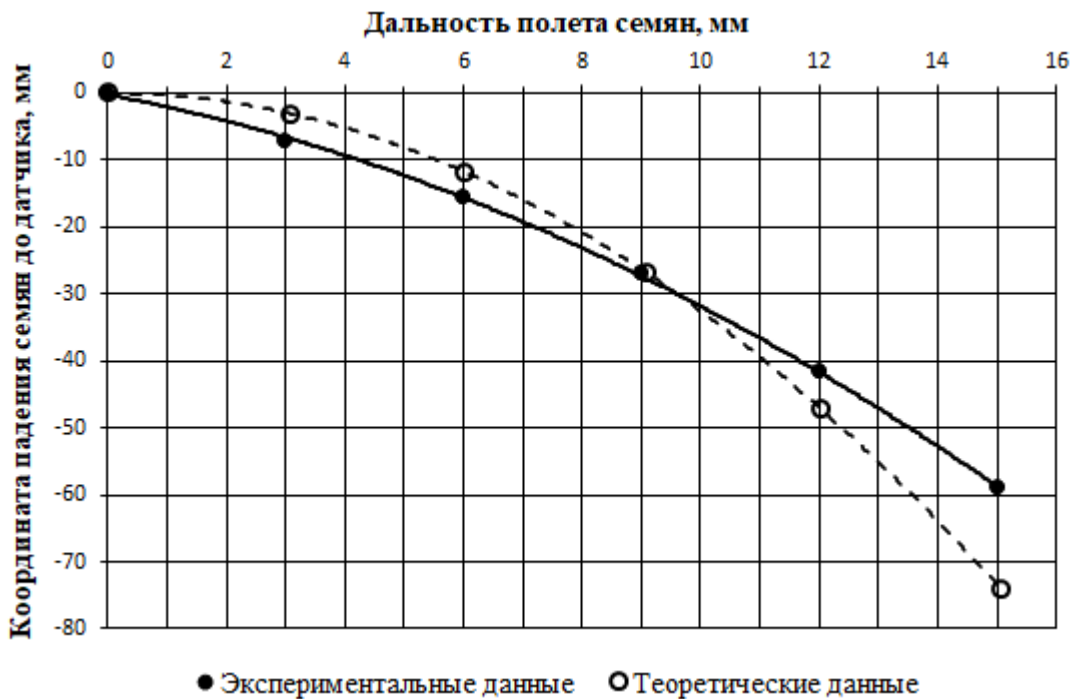


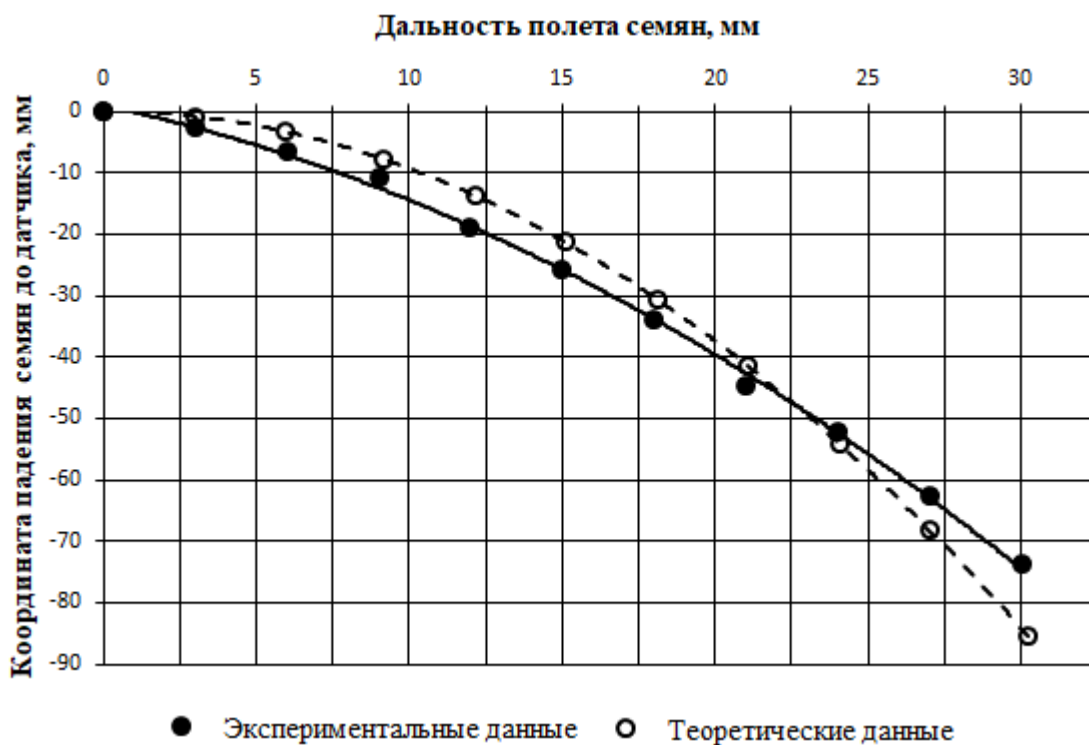
Рисунок 4.2 – Зависимость среднего времени пролета семян различных культур через чувствительную зону датчика в зависимости от угла его установки

В ходе исследований были получены экспериментальные траектории полета семян сои, полученные с помощью видеосъемки на камеру GoPro HERO4 и обработанные по известной методике при фиксированной частоте вращения высевающего диска и изменяемой высоте установки датчика относительно боковой поверхности диска (Приложение Д).

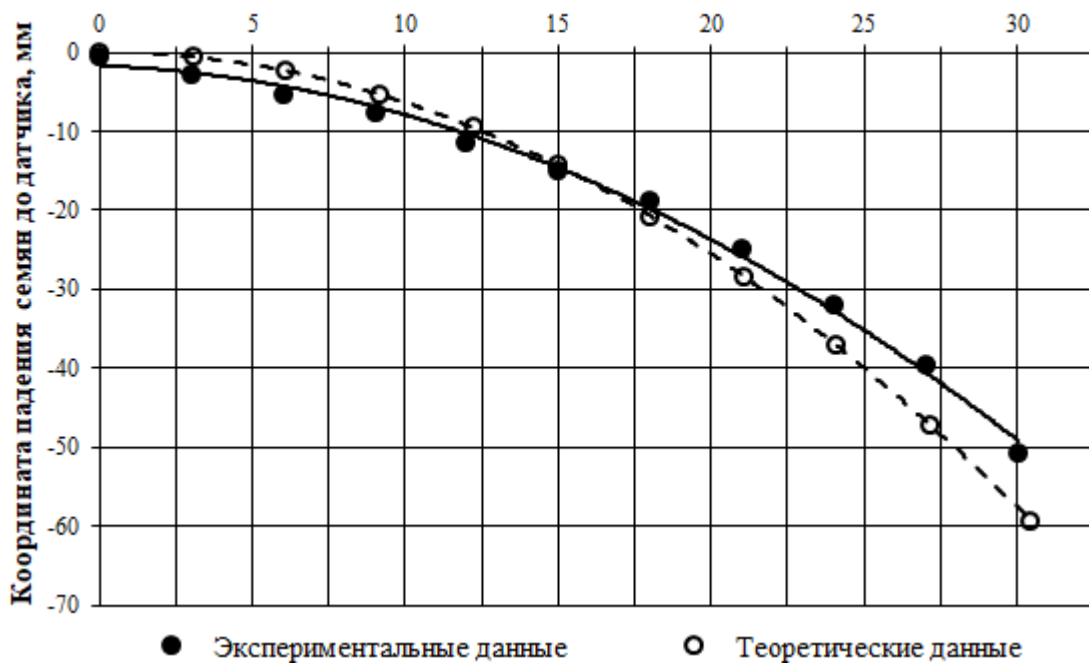
На рисунке 4.3 представлены графики с наложенными расчетными траекториями, полученными по результатам проведенного вычислительного эксперимента по выражению (раздел 2), с учетом частоты вращения высевающего диска 11,5–26 об/мин, и экспериментальными траекториями полета семян сои. Сходимость расчетных и экспериментальных данных следует расценивать как вполне удовлетворительную; расхождение составляет не более 6-8%, что находится в пределах погрешности эксперимента.



а) Частота вращения высевающего аппарата – 11,5 об/мин



б) Частота вращения высевяющего аппарата – 21,5 об/мин
 Дальность полета семян, мм



в) Частота вращения высевяющего аппарата – 26 об/мин

Рисунок 4.3 – Теоретические и экспериментальные траектории полета семян сои при различных условиях в зависимости от высоты установки датчика при различной частоте вращения высевяющего диска

На рисунке 4.4 представлен сводный график экспериментальных траекторий полета семян сои при рассматриваемых частотах вращения высевающего диска.

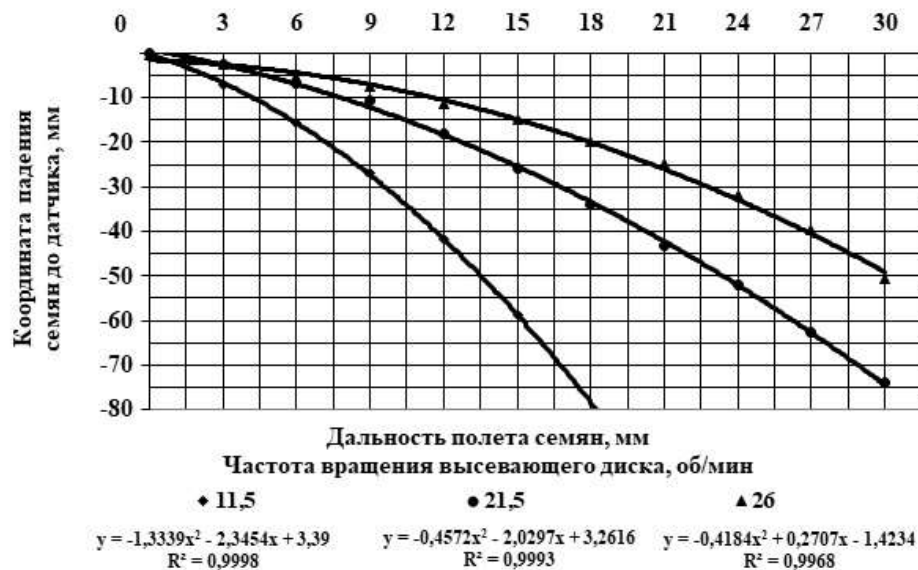


Рисунок 4.4 – Траектории полета семян сои при различных частотах вращения высевающего диска и высоте установки датчика

Анализируя, полученные экспериментальным путем (рисунок 4.3) данные по определению траектории полета семян сои, выпавших из ячеек высевающего диска, можно заключить следующее. Проекция траектории полета семян, определяющие длину чувствительной зоны датчика высева, зависят от частоты вращения диска. Так, при установке датчика в сошнике на расстоянии от высевающего диска в 50 мм, длина его чувствительной зоны увеличивается от 13 мм при частоте вращения высевающего диска 11,5 об/мин до 30 мм при частоте вращения диска 26 об/мин. По агротехническим требованиям скорость посевного агрегата при использовании механических сеялок должна быть не более 6 км/ч, при которой, частота вращения высевающего диска не должна превышать 26 об/мин.

Поэтому длина чувствительной зоны пластины датчика высева должна составлять не менее 30 мм со смещением относительно точки выброса семян из ячеек не менее 15 мм при установке датчика не ниже 50мм от точки отрыва семени от диска высевающего аппарата.

Для надежной регистрации пролета семян, между чувствительными пластинами и отсеивания ложных срабатываний датчика на пыль и вибрацию,

необходимо обеспечить изменение емкости при пролете семян самой маленькой фракции (в нашем случае моркови), минимум на 5% от емкости конденсатора без увеличения напряжения на нем. Исходя из этого, расстояние между чувствительными пластинами датчика высева семян должно не превышать 20 мм.

Экспериментальными исследованиями установлено, что для надежного срабатывания индуктивного датчика пути зазор между торцом датчика и головками болтов на диске экспериментальной установки (приводного колеса сеялки), должен быть не более 2 мм. Данные опытов для различных датчиков приведены в приложении Б.

4.2 Результаты исследований системы контроля высева семян в производственных условиях

Была исследована работа системы контроля высева семян, устанавливаемой на семейство пропашных сеялок отечественного производства ОАО «Белгородский завод РИТМ», рисунок 4.4.



Рисунок 4.4 – Пневматическая сеялка точного высева СТП «РИТМ-1Т»

Основными составными частями всех сеялок являются рама, на которую установлены пневматические высевающие аппараты, вентилятор с приводом от вала отбора мощности трактора, туковысевающие аппараты АТ-2Р с сошниками, гидрофицированные маркеры с механизмом подъёма и опускания и транспортное устройство. Навесные высевающие аппараты с уплотнительными катками смонтированы на параллелограммной подвеске над копирующим колесом, установленным перед сошником. Привод высевающих аппаратов осуществляется от опорно-приводных колес сеялки. Настройка нормы высева производится изменением передаточного числа цепной передачи на приводах посредством сменных звёздочек.

Сеялки агрегатировались с пропашными тракторами тягового класса 1,4.

На всех обследованных сеялках установлена электронная система контроля высева семян, функциями которой являются сбор информации о работе каждой посевной секции, отбор полученных значений по установленному критерию, анализ протекания процесса, вывод на информационное табло контроллера монитор (индикатор) текущей информации о фактической норме высева, скорости движения посевного агрегата, а также сообщений о нарушениях процесса высева и места нарушения. Система контроля настраивается с помощью специальных параметров, которые могут быть легко запрограммированы с помощью кнопок.

В комплект системы контроля входит индуктивный датчик пути, жгут проводов по сеялке, кабельная разводка, соединяющая сеялку с кабиной трактора, и предназначена для передачи сигнала к контроллеру и отображения информации нормы высева семян, подачи звукового и светового сигнала механизатору, в случае технологического отклонения от нормы высева семян или технического отказа сеялки, а также для подачи звукового и светового сигнала в случае отклонения скорости сеялки от заданных пределов 5-12км/ч. Питание системы контроля осуществляется от бортовой сети трактора.

В полости сошника высевающего аппарата устанавливается датчик высева семян емкостного типа (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Датчики высева семян емкостного типа

Пролет семян через датчик высева индицируется кратковременным загоранием светодиода. Конструктивно датчики защищены от воздействия окружающей среды. Провода, питающие датчики, одновременно являются информационными, что способствует уменьшению количества проводов, прокладываемых по раме сеялки.



Рисунок 4.6 – Индуктивный датчик пути

На консоли опорно-приводного колеса сеялки монтируется индуктивный датчик пути (рисунок 4.6).

Контроллер с микропроцессором устанавливается в кабине трактора, в удобном для визуального наблюдения механизатором месте, а кабель,

соединяющий сеялку с кабиной трактора, укладывают таким образом, чтобы он не подвергался механическому воздействию движущихся частей трактора и сеялки (рисунок 4.7).

Удобство расположения контроллера диктуется тем, что оператор должен иметь возможность при минимальном повороте головы периодически наблюдать за информационным табло контроллера и свободно работать с кнопками. Наибольшая контрастность информационного табло наблюдается при взгляде, направленном перпендикулярно к лицевой поверхности светофильтра или несколько ниже.



Рисунок 4.7 – Контроллер

Все датчики и контроллер защищены и от случайной переполусовки напряжения питания. Датчики высева, датчик пути и кабельная разводка устанавливаются на сеялки заводом-изготовителем.

Система контроля непосредственно во время высева семян в полевых условиях представляет оператору информацию о двойниках, пропусках, интервалах между семенами и все результаты записывает в энергонезависимую память.

При работе сеялки, оснащенной системой контроля, необходимо придерживаться такой скорости движения посевного агрегата, при которой отсутствует непрерывный звуковой сигнал и визуальный сигнал об отклонении от

запрограммированного интервала скорости. Через определенное количество оборотов колеса, происходит изменение показаний нормы высева. В идеальном случае звуковой сигнал отсутствует, а на информационном табло будет происходить изменение показаний нормы высева семян в штуках на 1 м. пути

Посев семян сахарной свеклы 12-ти рядными и 24-х рядными сеялками, кукурузы и подсолнечника 16-ти рядными сеялками точного высева оснащенных системой контроля осуществлялся по установленным нормам высева в пределах запрограммированных интервалов их изменения, что наглядно представлено на рисунке 4.8.

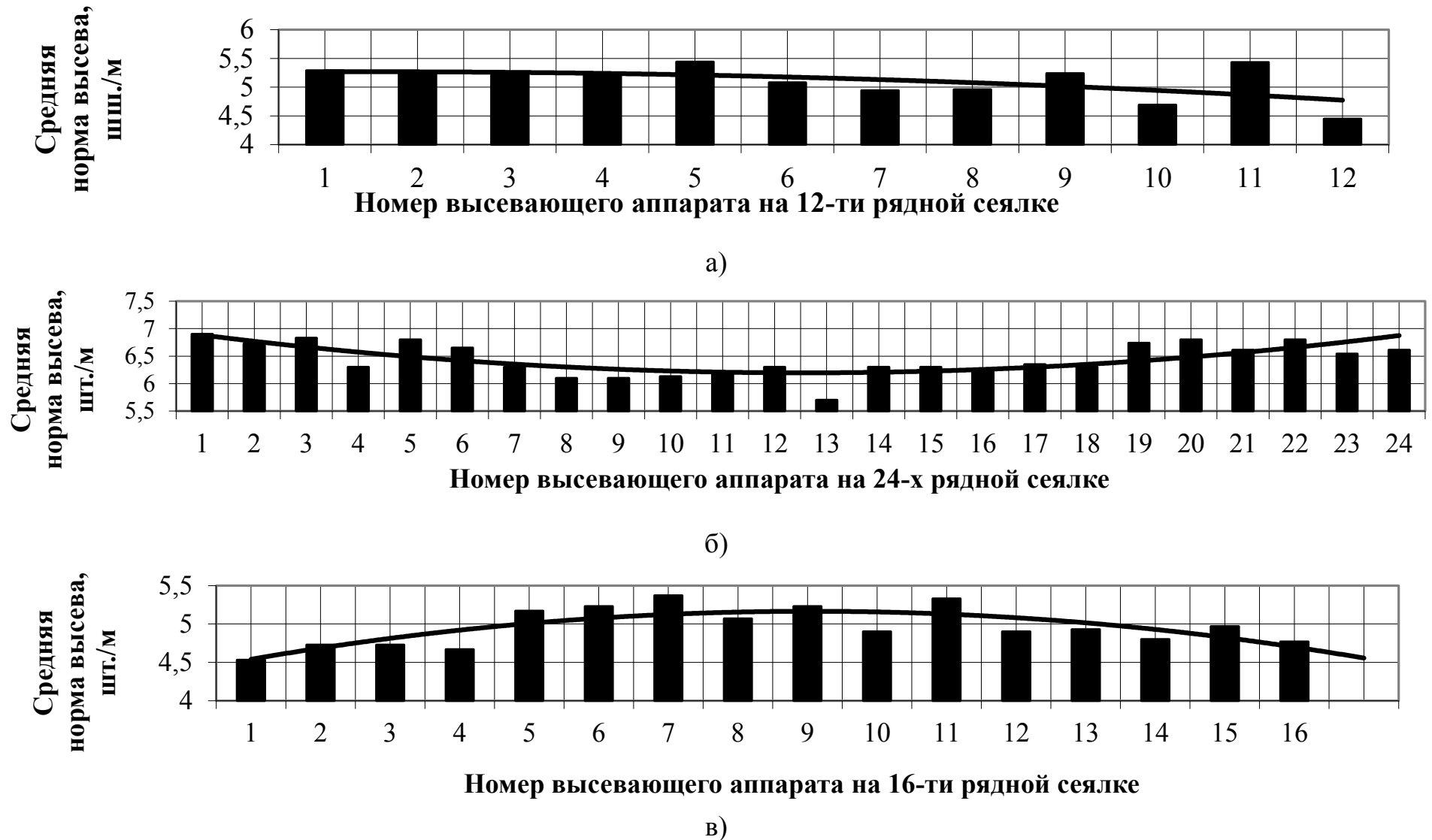


Рисунок 4.8 – Гистограммы распределения средних значений количества семян на погонный метр, высеянных пневматическими 12-ти рядной сеялкой (а), 24-х рядной сеялкой (б), 16-ти рядной сеялкой (в)

4.3 Возможные отказы в работе сеялок, оснащенных СКВС, причины их возникновения, способы их устранения и усовершенствование СКВС

В процессе производственного использования сеялок, оборудованных системой контроля высева семян, были выявлены технологические и технические отказы сеялки и системы контроля, приведенные в таблице 4.1, причины и способы, устранения, а также предложены мероприятия, повышающих их эффективность. Эти мероприятия были реализованы при разработке усовершенствованной системы контроля высева семян пропашных культур.

Таблица 4.1 – Технологические и технические отказы системы контроля высева семян

Отказы	Причины	Способы устранения
Технологические		
1	2	3
Пониженная норма высева семян во всех каналах отображаемой на информационном табло	Низкое разрежение в пневматической системе	Проверить техническое состояние вентилятора и натяжение его ремня, целостность и плотность крепления шланга подводящего вакуум к патрубкам корпуса высевающего аппарата или вентилятора
Высвечивание на табло показаний в одном или нескольких каналах пониженной нормы высева	Засорение отверстий на высевающем диске или забивание почвой полости сошника	Очистить отверстия на высевающем диске от примесей и полость сошника от почвы
Высвечивание на табло показаний в одном или нескольких каналах повышенной нормы высева	Неправильное положение съёмника двойников	Отрегулировать положение съёмника двойников
Ложные срабатывания индуктивного датчика пути	Намагничивание из-за наличия металлических примесей на торце датчика	Очистить торец датчика от металлических примесей

1	2	3
Отсутствие на информационном табло показаний о норме высева в одном или нескольких высевающих аппаратах	Отсутствие вращения высевающего диска из-за обрыва цепи привода, отсутствие разрежения в пневматической системе из-за нарушения целостности шланга или крепления к патрубкам, короткое замыкание в цепи датчиков высева, зависание опорно-приводных колес сеялки над поверхностью почвы на некоторых участках поля, перемещение отдельных высевающих аппаратов широкозахватных агрегатов по следам колес трактора	Соединить (заменить) цепь, восстановить целостность (заменить) шланга и закрепить его надежно к патрубку, проверить электрическую цепь датчика высева, выполнить качественно предпосевную обработку почвы, установить на сеялку следозаделыватели
Появление на информационном табло надписей о высокой или низкой скорости посевного агрегата	Повышенная или пониженная скорость движения посевного агрегата, проскальзывание опорно-приводного колеса	Установить агротехнически заданную скорость движения посевного агрегата, исключить проскальзывание опорно-приводного колеса
Нечеткое изображение цифровой информации на дисплее	Неудобно установлен контроллер в кабине трактора, отсутствие солнцезащитного козырька на его корпусе и двухрядное расположение индикаторов	Изменить местоположение элемента разъёмного соединения и установить экран под нужным углом
Невыполнимость запуска в работу посевного агрегата и СКВС	Низкая квалификация обслуживающего персонала и незнание порядка настройки и программирования режимов работы посевного агрегата	Пригласить в хозяйство разработчиков системы для выполнения пуско-наладочных работ и устранения отказов
Технические		
Выход из строя индуктивного датчика пути	Коррозия контактов от попадания влаги в корпус	Установить корпуса датчика на консоли в соответствии с требованиями к монтажу

1	2	3
Попаданию проводов в приводную цепь высевающего аппарата	Низкое расположение электрического разъёма на раме сеялки, нарушение заводской укладки проводов	Изменить местоположение электрического разъёма на раме сеялки, восстановить заводскую укладку проводов,
Неправильное определение показателей высева и некорректное обновление данных	Неравномерность зазоров между торцом датчика и шпильками на диске приводного колеса	Отрегулировать зазор между торцом датчика и шпильками на диске приводного колеса;
Выход из строя ёмкостного датчика высева	Отсутствие защиты от механических повреждений при большой деформации щек сошника	Установить между щеками сошника распорной втулки
Выход из строя СКВС	Нарушение правил подключения контроллера к электрической сети трактора	Подключить питание СКВС к клеммам аккумулятора, согласно руководству по эксплуатации

В частности, деформация пластин ёмкостных датчиков высева семян приводила к их отказу, который можно исключить установкой между пластинами распорной втулки.

При посеве наблюдались ложные срабатывания индуктивного датчика пути от намагничивания при наличии металлических примесей на торце датчика.

Неправильное определение показателей высева и некорректное обновление данных происходили из-за неправильной установки зазоров между торцом индуктивного датчика пути и головками болтов на диске приводного колеса, которые устраняются регулировкой зазоров. Отказ датчика пути возникал из-за неправильной его установки на консоли опорно-приводного колеса и коррозии его контактов вследствие попадания влаги в корпус датчика.

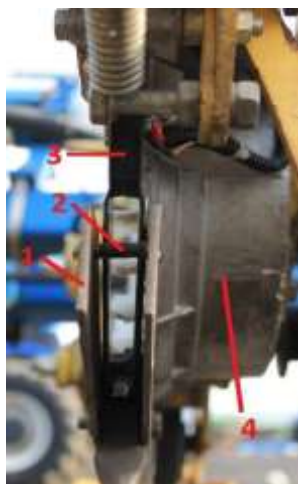
Недостатками контроллера являлись отсутствие цифровой информации на мониторе о скорости посевного агрегата и его текущей производительности, а также в случае короткого замыкания в цепи датчиков высева. Нечеткое изображение цифровой информации на мониторе является следствием неудобной установки контроллера в кабине трактора, отсутствия солнцезащитного козырька на его корпусе и двухрядного расположения индикаторов. С точки зрения эргономики рабочего места механизатора этот недостаток устраняется установкой контроллера в нижней части лобового стекла трактора под необходимым углом наклона. Кроме того, замена цвета светодиодов и двухрядного расположения индикаторов на мониторе контроллера на однорядное позволит снизить зрительное напряжение.

Выявленные недостатки при использовании экспериментальной системы контроля высева семян, её обслуживании были устранены в процессе усовершенствования.

Так, для надежной работы датчика высева размещаемого между щеками сошника в случае их деформации предлагается устанавливать между щеками распорную втулку (рисунок 4.9).

Разработана программа для ЭВМ, на усовершенствованную систему контроля высева семян предусматривающую её работу в автоматическом режиме, самоконтроль датчиков высева и пути, контроль напряжения бортовой сети трактора, меню на русском языке вместо символов, вывод на экран контроллера нормы высева семян разноцветными светодиодами с однорядным расположением, скорости и производительности посевного агрегата (Приложение Е).

Усовершенствование конструктивных элементов системы выполнено введением блока сбора и обработки информации (БСОИ) на 16-ти и 24-х рядных сеялках, дополнительной установкой датчиков частоты вращения вала вентилятора и минимального уровня семян (удобрений) в одном бункере; изменением конструкции датчика высева и схемы монтажа датчика пути.



- 1 – сошник; 2 – распорная втулка;
3 – датчик высева семян;
4 – корпус высевающего аппарата

Рисунок 4.9 – Усовершенствованный датчик высева семян, размещенный в сошник с распорной втулкой

Для настройки усовершенствованной программы и элементов системы контроля высева семян был изготовлен стенд (рисунок 4.10). Кроме того, на 3D-принтере изготовлен макетный образец корпуса контроллера, по которому разработана техническая документация на изготовления штампа для изготовления пластмассовых корпусов контроллеров.



Рисунок 4.10 – Стенд для настройки элементов усовершенствованной системы контроля высева семян

На усовершенствованную систему контроля высева семян был получен патент №2681570.

Выводы по разделу

1) Аналитически и экспериментально определены параметры датчиков высева и пути, а также их местоположение на сеялке. Расстояние между чувствительными пластинами ёмкостного датчика высева семян должно не превышать 20 мм, а их длина – не менее 30 мм при их установке относительно высевающего диска на расстоянии не менее 50 мм от точки отрыва семени от диска высевающего аппарата.

2) Для надежного срабатывания индуктивного датчика пути по результатам исследования был определен зазор между торцом датчика и головками болтов на диске экспериментальной установки (приводного колеса сеялки), который должен быть не более 2 мм. Контроллер должен быть выполнен и установлен в кабине трактора в удобном для зрительного восприятия месте.

3) Использование усовершенствованной системы контроля высева семян на пропашных сеялках позволит значительно сократить затраты труда, повысить качество работы и производительность посевных агрегатов за счет постоянного информирования механизатора о процессе посева, технологических и технических отказах сеялок, а также повысить эффективность контроля оператором процесса посева. Использование этих сеялок позволит провести посевные работы в оптимальные агротехнические сроки, что приведет к увеличению урожайности возделываемых культур.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН

При посеве сахарной свеклы в колхозе – племзаводе имени Ленина Тамбовского района сеялками РИТМ-1Т в агрегате с трактором МТЗ-82, одна из которых была оснащена системой контроля высева (СКВС), были проведены исследования качественных показателей работы посевных агрегатов, результаты которых представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты сравнительных исследований посева сахарной свеклы в колхозе – племзаводе имени Ленина Тамбовского района посевными агрегатами с сеялками РИТМ-1Т

№	Показатели	Значения показателей	
		Сеялка без СКВС	Сеялка оснащена СКВС
1	2	3	4
1	Установленная на сеялке норма высева семян, шт./м	5,6	5,6
2	Агротехнический шаг высева (установленный на сеялке интервал распределения семян в рядке), см	17,8	17,8
3	Диапазон установленного отклонения нормы высева, шт./м	5-6	5-6
4	Фактический средний интервал распределения растений в рядке, см	32,2	30,4
5	Стандартное отклонение шага посева, см	15,1	9,6
6	Коэффициент вариации шага посева, %	47,0	31,2
7	Отклонение агротехнического шага посева от фактического среднего интервала распределения растений в рядке, %	16,0	9,3
8	Пропуски посева (шаги посева, превышающие в 1,5 раза агротехнический шаг высева), %	15,6	10,6
9	Двойники посева (шаги посева менее чем 0,5 агротехнического шага высева), %	5,6	1,4
10	Точность посева (шаги посева, входящие в диапазон нормативного отклонения агротехнического шага высева), %	66,0	85,2

Анализируя данные таблицы 5.1, можно отметить следующее: коэффициент вариации шага посева сеялкой, оснащенной системой контроля высева на 15,8% меньше сравниваемого посевного агрегата, что увеличивает

точность высева семян на 19%. При этом отклонение агротехнического шага посева от фактического среднего интервала распределения растений в рядке меньше на 6,7%. По многочисленным агротехническим исследованиям установлено влияние неравномерности распределения растений на урожайность сахарной свёклы. При этом минимальное снижение урожайности достигает до 8-10%, что означает потерю 4,5 т продукции при урожайности 450 ц/га, что в денежном выражении (при закупочной цене 1800-2000 руб./т) составит около 9 тыс. руб./га.

Применение системы контроля высева семян позволяет сократить пропуски на 5% и увеличить сбор корнеплодов на одном гектаре почти на 3 тонны, а также сократить количество двойников на 4,2% и увеличить урожайность корнеплодов относительно сравниваемого варианта на 2-3% или в натуральном выражении почти на 1 тонну корнеплодов.

Таким образом, оснащение 12-ти рядной сеялки системой контроля высева семян позволит хозяйству с урожайностью корнеплодов в 450 ц/га при их продаже по цене в 2000 руб. за тонну дополнительно получить около 17 тыс. рублей в расчете на 1 га уборочной площади сахарной свеклы.

Предлагаемая усовершенствованная система контроля высева семян, устанавливаемая на отечественные пропашные сеялки, за счет оптимизации функций по сравнению с зарубежными аналогами позволит значительно повысить качественные показатели работы посевных агрегатов при грамотном её обслуживании механизаторами. Усовершенствованная система контроля высева семян по стоимости дешевле аналогов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основании выполненного анализа элементов системы контроля высева семян пропашных сеялок, определено что для контроля процесса высева семян необходимо применять датчики емкостного типа, которые обладают низкой чувствительностью к пыли, высокой помехозащищенностью и высокой надежностью. Для контроля скорости движения посевного агрегата целесообразно применять индуктивные датчики пути, обладающие высокой надежностью, высокой чувствительностью и срабатыванием.

2. По результатам теоретических исследований:

- определены координаты траектории полета семян с момента их отрыва от диска высевающего аппарата до чувствительных пластин датчика высева при его установке на расстоянии 50 мм от точки отрыва: смещение траектории у пневматического аппарата варьировало в пределах 10,3-23,3 мм, а механического высевающего аппарата 12,5-28,3 мм, при частоте вращения диска от 11,5 до 26 об/мин;
- определены параметры чувствительной зоны датчика высева длина не менее 30 мм, высота не менее 5 мм и расстояние между пластинами не менее 20 мм.
- для обеспечения надежной регистрации семян пропашных культур датчиком высева было определено изменение емкости датчика, возникающее при пролете семян через чувствительную зону датчика, составляющее 0,008 пФ для семян моркови, как семян наименьшего размера, что составляет 6,6% от емкости датчика;

3. В результате экспериментальных исследований подтверждены теоретические положения по функционированию усовершенствованной системы контроля высева семян и установлены оптимальные параметры и режимы работы:

- для надежной фиксации пролета семян различных культур через датчик высева при его установке на расстоянии 50 мм от точки отрыва семян от диска высевающего аппарата оптимальные размеры его чувствительной зоны

должны иметь следующие значения: длина пластин не менее 50 мм для надежной регистрации семян несвоевременно выпавших из отверстий высевающего диска, их высота не менее 5 мм, а расстояние между пластинами не должно превышать 20 мм. При этом смещение семян от точки отрыва семян от диска высевающего аппарата на расстоянии 50 мм варьировала от 13 мм до 30 мм при частоте вращения диска от 11,5 об/мин до 26 об/мин;

– средняя продолжительность пролета исследуемых семян культур в зависимости от угла установки относительно горизонтали в пределах от 0° до 67,5° варьировала от 8 до 23 мс;

– для надежного срабатывания индуктивного датчика пути зазор между его торцом и головками болтов на диске опорно-приводного колеса не должен превышать 2 мм.

4. В результате исследований были составлены рекомендации по эксплуатации систем контроля в производстве, включая рекомендации по установке чувствительных элементов системы и блоков индикации.

Использование усовершенствованной системы контроля высева семян на пропашных сеялках позволит значительно сократить затраты труда, повысить качество работы и производительность посевных агрегатов за счет постоянного информирования механизатора о процессе посева, технологических и технических отказах сеялок, а также повысить эффективность контроля оператором процесса посева. Согласно проведенным исследованиям, использование систем контроля высева семян позволяет снизить отклонение агротехнического шага посева от фактического среднего интервала распределения растений в рядке с 16,0% до 9,3%, пропуски посева с 15,6% до 9,3% и повысить точность посева с 66,0% до 85,2%.

5. Использование усовершенствованной системы контроля высева семян, при установке на 12-ти рядную сеялку позволяет хозяйству получить дополнительно до 17 тыс. рублей на 1 га уборочной площади сахарной свеклы, при урожайности в 450 ц/га и при цене в 2 тысячи рублей за тонну.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве [Текст] / под рук. акад. В.И. Анискина и члена-кор. А.А. Артюшина; М-во сельского хозяйства РФ, Федеральное агентство по сельскому хозяйству. - М.: ФГНУ "Росинформагротех", 2005. - 271 с.
2. Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов с.-х. вузов -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1976. - 256 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст]: в 4 т./ под ред. М.И. Клецкина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1967.-т. 1. -723 с; т. 2.-831 с; т. 3.-743 с; т. 4.-536 с.
4. Якушев В.П. На пути к точному земледелию [Текст] / В.П. Якушев // ПИЯФ РАН, СПб, 2002. - С. 17.
5. Bouma, J., et al. Pedology, precision agriculture, and changing paradigm of agricultural research. - Soil Sc. Am. J., 63, 1999 - C1763-1768.
6. Халанский В.М., Горбачев И.В., Сельскохозяйственные машины. [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов вузов / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. -М.: Колос, 2004. - 624. - С. 145-181.
7. Гриценко В.В., Калошина З.М. Семеноведение полевых культур [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов с.-х. вузов -2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1976. - 256 с.
8. Зенин Л.С. Точный высеv сахарной свеклы [Текст] / Л.С. Зенин // Сахарная свекла. - М., 2007. - № 4. - С. 14-21.
9. Интенсивная технология производства кукурузы [Текст] / Сост. Н.В. Тудель. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 272 с.
10. Интенсивная технология сахарной свеклы [Текст] / Пер. с нем. А.Т. Докторова, под общ. ред. В. А. Петрова. -М.: Агропромиздат, 1987.-320с.
11. Прокофьев В. Н., Степанов В. Н., Гоганов А. В., Федюнькин Д. Ф., Юдкин Ф. М., Бурмистров А. С., Семенов В. М., Пенкин М. А. Основы

сельского хозяйства [Текст]: учебники и учебные пособия для сельскохозяйственных техникумов / В.Н. Прокофьев, В.Н. Степанов, А.В. Гоганов, Д.Ф. Федюнькин, Ф.М. Юдкин, А.С. Бурмистров, В.М. Семенов, М.А. Пенкин; под общ. ред. В.Н. Степанова. - М.: Сельхозиздат, 1962.-559 с.

12. Сахарная свекла [Текст]: основы агротехники. - Киев: Урожай, 1972.-507 с.

13. Филимонов В.А., Бамбура А.М., Бендерский Р.Н. Справочник свекловода [Текст] / В.А. Филимонов, В.А. Бамбура, Р.Н. Бендерский. - Одесса: Маяк, 1981.-143 с.

14. Якушев, В.П. На пути к точному земледелию [Текст] / В.П. Якушев // ПИЯФ РАН, СПб, 2002. - С. 17.

15. Коваль З. М. Результаты испытаний информационно-измерительного стендового оборудования для оценки качества работы высевяющих аппаратов [Текст] / И. М. Киреев, З. М. Коваль // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сб. науч. докл. X международной научно-практической конференции, г. Углич. В 2 ч. Ч.1 – М.: ФГНУ «Росинформагротех» 2008. – С.282-290.

16. Бородин И.Ф. Развитие автоматизации машинно-технологических процессов сельскохозяйственного производства [Текст] // Общие проблемы технического агропромышленного производства: Научные труды. - М., 2000.- Т. 130.-С. 116-124.

17. Бондаренко П.А., Чеба Б.П., Костин С.В. Развитие мониторинговых систем посевных машин [Текст] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 2003. — № 1. — С. 24.

18. Коваль З. М. Способ и устройство для регистрации семян из высевяющих аппаратов сеялок точного высева [Текст] / И.М. Киреев, З. М. Коваль // Исследования и разработка современных технологий и средств механизации в полеводстве юга России: сб. науч. тр. международной научно-практической конференции «Приоритетные направления исследований и

разработка новых технологий и технических средств». – зерноград: «ВНИПТИМЭСХ», 2007. – С. 221-231.

19. Машины почвообрабатывающие посевные и для ухода за растениями на сельскохозяйственной выставке "Агропром — 82" [Текст] // Сельскохозяйственные машины и орудия: экспресс - информация: серия 4. -М.: ЦНИИТЭИ, 1983. - С. 2-8.

20. Сельхозтехника. Сеялки [Текст]: каталог: Альтаир.-Зерноград. - С. 5-12.

21. Состояние и направления развития конструкций широкозахватных и специализированных сеялок [Текст] // Сельскохозяйственные машины и орудия: обзорная информация: серия 2. - М.: ЦНИИТЭИ, 1983. - 43 с.

22. Коваль З.М. Способы и устройства для регистрации семян из высевальных аппаратов сеялок точного высева [Текст] / И. М. Киреев, З. М. Коваль, Н. И. Таригин // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции: сб. науч. докладов XIII международной научно практической конференции «Новые технологии и техника для ресурсосбережения и повышения производительности труда в сельскохозяйственном производстве». – Тамбов, ГНУ «ВИАТИН», 2005. – С. 192-201.

23. Коваль З. М. Результаты испытаний стендового оборудования для оценки качества работы высевальных аппаратов [Текст] / И. М. Киреев, З. М. Коваль // Повышение эффективности использования ресурсов в растениеводстве и животноводстве: сб. науч. тр. XIII международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции». В 2ч. Ч.1. – Тамбов: ГНУ «ВИАТИН», 2007. – С. 56-65.

24. Тенденции развития конструкций пропашных сеялок [Текст] // Тракторы, сельскохозяйственные машины и орудия: Р.Ж. - М., 1982. – 32 с.

25. Халанский В.М., Горбачев И.В. Сельскохозяйственные машины. [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов вузов / В.М. Халанский,

И.В. Горбачев. -М.: Колос, 2004. - 624. - С. 145-181.

26. Руденко, В.П. Полтавская технология посева (или посев без проблем) / В.П. Руденко // Пособие для агрономов, инженеров с.-х. производства, конструкторов. 3-е издание переработанное и дополненное. – Полтава ООО «Копи-Центр», 2013, - 54 с.

27. Лаврухин, П.В. Расширение понятия точного посева / П.В. Лаврухин // Вестник Российской Академии сельскохозяйственных наук. – 2002. – №5 – С.17

28. Балашов, А.В. Контроль высева семян на пропашных сеялках / А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Интеллектуальные технологии и техника в АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18-20 октября 2016 года. – Мичуринск: ООО «БИС», 2016. – С.217-225.

29. Система контроля высева семян сеялки СТП «Ритм-24Т» КО 3002 00 000 ИЭ. Инструкция по эксплуатации. Белгород. – 2010. – 21 с.

30. Бузенков Г.М. Автоматизация посевных агрегатов /Г.М. Бузенков, В.К. Хорошенков, М.Л. Тамиров – М.: Россельхозиздат, 1979. – 88с.

31. Предпосылки создания системы текущего контроля процесса точного высева [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.agrojour.ru/tehnologii/predposylki-sozdaniya-sistemy-tekushhego-kontrolya-processa-tochnogo-vyseva.html>.

32. Устройства автоматического контроля работы посевных машин [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://sejalki.ru/articles/obzor-i-otsenka-konstruktsiy-ovoshnih/ustroystva-avtomaticheskogo-kontrolya.html>

33. Ультразвуковые датчики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rusautomation.ru/promavtomatika/ultrazvukovye-datchiki>.

34. Ультразвуковой датчик расстояния [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://home.roboticlab.eu/ru/examples/sensor/ultrasonic_distance.

35. Оптические датчики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://rusautomation.ru/promavtomatika/opticheskie-datchiki>.

36. Емкостные датчики [Электронный ресурс] / Режим доступа:

<http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/440-emkostnye-datchiki.html>.

37. Емкостные датчики. Принцип действия. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://baumanki.net/lectures/1-avtomatizaciya/44-elektromehanicheskie-i-magnitnye-elementy-sistem-avtomatiki/696-8-emkostnye-datchiki.html>.

38. Датчики перемещения (энкодеры) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.svaltera.ua/enkoderi/>.

39. Энкодер [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://robocraft.ru/blog/technology/734.html>.

40. Точность как в аптеке [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://automationworld.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=78&Itemid=60.

41. Резольвер. Их назначение и основные отличия от энкодеров [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://elenergi.ru/rezolvery-ix-naznachenie-i-osnovnye-otlichiya-ot-enkoderov.html>.

42. Датчик Холла: что это такое, виды и как его проверить? [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://tutknow.ru/tech_and_electronics/206-datchik-holla-cto-eto-takoe-vidy-i-kak-ego-proverit.html.

43. Индуктивные датчики [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/446-induktivnye-datchiki.html>.

44. Пат. 66145 Российская Федерация, МПК А01С7/00. Система контроля высева семян «РИТМ» / А.В. Крищенко; заявитель и патентообладатель Крищенко А.В. – № 2007100970/22; заявл. 09.01.2007, опубл. 10.09.2007, Бюл. №25. – 7 с. :ил.

45. Факт. Инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://agroun.ru/sistema-kontrolya-vyseva-semyan-niva-23-fakt/>.

46. Нива-23. Инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://agroun.ru/product/ustrojstvo-informacionnoe-fakt-niva-23/>.

47. Система контроля высева СКИФ-Т04 [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.radianzavod.ru/ru/product/skif_t04.html.

48. Сеялка точного высева ТС-М 4150А. Руководство по эксплуатации. ЗАО «Техника-сервис», 2011. – 36 с.

49. Система контроля высева семян МРІЯ [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://intris.com.ua/agricultural-machinery/sistemy-kontrolya-vyseva.html>.

50. Сравнение и недостатки систем ГЛОНАС и GPS [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://studbooks.net/1735574/geografiya/sravnenie_nedostatki_sistem_glonass.

51. Система контроля высева RECORD. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://agro-liga.com/wp-content/uploads/2017/03/record_Instructions.pdf.

52. Система контроля высева семян Элсис [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://esystems.su/ekonom.html>.

53. Система контроля высева [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.sinid97.by/index.php/produktsiya/sistemy-tochnogo-zemledeliya/7-sistema-kontrolya-vyseva>.

54. Система контроля высева [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://monada.all.biz/article/helios-04-novyj-vzglyad-na-kontrol-vyseva>.

55. Maestro CC – сеялка точного высева с точной заделкой семян на большой рабочей скорости [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.horsch.com/ru/produkty/mashiny-dlja-poseva/einzelkornsaemaschinen/maestro/maestro-cc/>.

56. Ultima CS [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.koeckerling.de/produkty/posevnaja-tekhnika/ankernye-sejalki/ultima-cs/?L=4>.

57. Завражнов А.И. Результаты исследований параметров датчиков, используемые в системе контроля высева семян пропашных культур / А.И. Завражнов, А.В. Балашов, Н.Ю. Пустоваров // Наука в Центральной России. –

2017. – № 5. – С. 28-35.

58. Зеглер Г. Транспортирование зерна пневматическим транспортом [Текст] / Г. Зеглер, ОКТИ, Д. НТБУ НКТИ. 1937. - 37 с.

59. Коваль З.М. Автоматизация и информационное обеспечение контроля качества работы высевающих аппаратов [Текст] / Киреев И.М., Коваль З.М. // Организация и развитие информационного обеспечения органов управления, научных и образовательных учреждений АПК: сб. науч. докл. 2-й научно - практической конференции, п. Правдинский. В 2 ч. Ч.1.- М.: ФГНУ "Росинформагротех" 2006. - С. 285 - 290.

60. Логин В. В. Приборы для контроля технологических параметров сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / В. В. Логин // Тракторы и сельхозмашины - М., 1980. - № 4 - С. 6.

61. Бахтин, П.У. Уплотнение почвы движителями тракторов и машин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. – № 2. – С. 17-19.

62. Богомазов С.В. Зависимость влажности почвы от средней плотности и общей скважности пахотного слоя / С.В. Богомазов, С.М. Надежкин, В.В. Манейлов // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 7. – С. 28-29.

63. Васильев, А.М. Плотность почвы, как фактор ее плодородия // Сб. тр. ВНИИЗХ. – 1964. – С. 29-33.

64. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 495.

65. Скользаева, М.А. Прикатывание как агротехнический прием повышения урожайности яровых культур в Ростовской области. Автореф. дис. канд. с. -х. наук. – Ростов-на-Дону, 1957. – С. 34.

66. Анискин, В.И. Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве / В.И. Анискин, А.А. Артюшин и др. – Москва, 2015 – С. 270.

67. Розенбаум Р.Б., Тодес О.М. Записки Ленинградского горного института им. Г.В. Плеханова [Текст] / Р.Б. Розенбаум, О.М. Тодес // 36, вып. 3, 1958.-28 с.

68. Трофимова Т.И. Курс физики [Текст]: учебники и учебные пособия для студентов вузов / ТИ Трофимова, изд.-М.: Высш. шк., 2002.-542с.

69. Развитие отечественных и зарубежных конструкций датчиков контроля высева семян сельскохозяйственных культур [Текст] // Сельскохозяйственные машины, агрегаты и узлы. - М., 1980. - № 1. - С 3-5.

70. Современное состояние и тенденции развития отечественных и зарубежных устройств контроля нормы высева [Текст] // Сельскохозяйственные машины и орудия. - М., 1982. - С 22.

71. Развитие отечественных и зарубежных конструкций датчиков контроля высева семян сельскохозяйственных культур [Текст] // Сельскохозяйственные машины, агрегаты и узлы. - М., 1980. - № 1. - С 3-5.

72. Машины почвообрабатывающие посевные и для ухода за растениями на сельскохозяйственной выставке "Агропром — 82" [Текст] // Сельскохозяйственные машины и орудия: экспресс - информация: серия 4. -М.: ЦНИИТЭИ, 1983. - С. 2-8.

73. Кардашевский С.В. Высевающие устройства посевных машин. – М.: Машиностроение, 1973.

74. Вентцель Е.С. Теория Вероятностей. – М.: изд. физ. мат. лит., 1958.

75. Вентцель Е.С. Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969.

76. Краткий справочник физико - химических величин [Текст]: под ред. К.П. Мищенко, А.А. Равделя, -7-е изд.,испр. - Я: Химия, 1974. - 200 с.

77. Карпенко, Е.В. Возможности CAN протокола [Текст] // Современные технологии автоматизации - 1998. - С. 16-20.

78. Тырнов Ю.А. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов совершенствованием систем контроля режимов их работы. Автореф. дис. докт. техн. наук. Саратов, 2001.

79. Бондаренко Н.Г. Исследование процесса точного высева семян пропашных культур. Автореф. дис. канд. техн. наук. Ростов-на-Дону, 1962.

80. Панченко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. - М.: Машгиз, 1957, 257 -с.

81. Хорошенков В.К., Тамиров М.Л. «Тракторист-оператор» в системе автоматического контроля работы посевного агрегата. - И-Т. бюллетень ВИМ., вып. 25. 1975.

82. ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. Введ. 2018-01-01. – М.: Стандартиформ, 2017. – 39 с.

83. ГОСТ 34393-2018. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. Введ. 2019-09-01. – М.: Стандартиформ, 2018. – 30 с.

84. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. ГОСТ 23728-88 - М.: Издательство Стандартов, 1988.-26 с.

85. Лачуга Ю.Ф., Ксендзов В.А. Теоретическая механика. - М.: Колос, 2000.

86. Панов И.М., Черепахин В.Н. Технический уровень почвообрабатывающих и посевных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины.- 2000. - №9.

87. Бородин И.Ф., Горячкин В.П. Автоматизация сельскохозяйственного производства // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1998.- №5.

88. Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1997. - №2.

89. Вентцель Б.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1969.

90. Амингианова Х. Разработка и исследование автоматической системы контроля и управления глубиной заделки семян в почву зерновой сеялки. Автореф. дис. канд. техн. наук. Л. -П., 1978.

91. Набатян М.Г., Пологих В.В. К совершенствованию методов агрооценки зернокомбинированных посевных машин. - Труды ВИМа, 1980.

92. Кургузов П.И. Влияние глубины заделки семян на урожай яровой пшеницы // Земледелие. - 1955. - №3.

93. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. - Ленинград: Колос, 1970.

94. Пологих Д.В. Обоснование типа и параметров механизма навески и

заглубления сошников. Дис. канд. техн. наук. Москва, 1978.

95. Кленин Н.И., Попов И.Ф., Сакун В.А. Сельскохозяйственные машины. -М.: Колос, 1970.

96. Черников В.Г., Лурье А.Б., Озеров В.Г. Динамика льноуборочных машин как объектов управления. Ленинградский сельскохозяйственный институт. Записки. Ленинград - 1974. - № 248. - С. 25-32.

97. Ларюшин А.М. Роль системы точного земледелия в современном мире [Текст] / Ю. В. Польшивяный, А.М. Ларюшин // Всероссийская (национальная) научно-практическая конференция, посвященная 90-летию со дня рождения профессора Г.Б. Гальдина «Роль вузовской науки в решении проблем АПК». – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2018. – С. 61-64.

98. Ларюшин Н. П. Высевающий аппарат сеялки для высева семян сои [Текст] / Ларюшин Н. П., Першин И. А., Поликанов А. В. // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства. – Пенза. Пензенский государственный аграрный университет, 2020. – С. 3-5.

99. Ларюшин Н. П. Методика проведения лабораторных исследований. [Текст] / Першин И. А., Ларюшин Н. П. // Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России». – Пенза. Пензенский государственный аграрный университет, 2019. – С. 362-366.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2681570

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ВЫСЕВА СЕМЯН

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве" (ФГБНУ ВНИИТнН) (RU)*

Авторы: *Крищенко Андрей Владиленович (RU), Завражнов Анатолий Иванович (RU), Балашов Александр Владимирович (RU), Стрыгин Сергей Петрович (RU), Пустоваров Никита Юрьевич (RU)*

Заявка № 2017132542

Приоритет изобретения 13 февраля 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 11 марта 2019 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 13 февраля 2037 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2017614821

«Контроль за 12-ти рядной сеялкой»

Привообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (RU)*

Авторы: *Крищенко Андрей Владиленович (RU),
Пустоваров Никита Юрьевич (RU)*

Заявка № 2016664130

Дата поступления 20 декабря 2016 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 27 апреля 2017 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев Г.П. Ивлиев



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ЗАВОД РИТМ»

308023, Россия, Белгородская область, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135 Д
 e-mail: om_ritm@mail.ru, www.zavodritm.ru тел. +7(4722)34-15-92, факс +7(4722)34-16-74
 ИНН 3124010600. КПП 312301001. ОКОНХ 14252. ОКПО 07612887.
 Р/с 40702810107000102229 в Белгородском ОСБ 8592 г. Белгород.
 К/с 30101810100000000633. БИК 041403633. ОГРН 1023101637624

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель
 генерального директора завода

« » В.В. Мейхер
 2016 г.



**Акт внедрения
 системы контроля высева семян «РИТМ»**


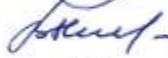

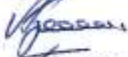
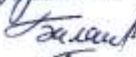

Комиссия открытого акционерного общества «Белгородский завод РИТМ» в составе председателя - главного инженера завода Сечкарева О.Н. и членов: начальника технического отдела завода Никонова В.И. и конструктора Селокова А.А. подтверждает внедрение разработанной сотрудниками лаборатории «Использования машинно-тракторных агрегатов» федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве» (ФГБНУ ВНИИТиН) инженером Крищенко А.В., к.т.н., доцентом Балашовым А.В. и аспирантом Пустоваровым Н.Ю. системы контроля высева семян, которая установлена на пневматических сеялках точного высева СТП-12 «РИТМ-1МТ»/СКВС и СТП «РИТМ-24Т»/СКВС, выпущенных заводом в 2005-2016 гг. в количестве более 2000 штук.

Система контроля высева семян (СКВС) позволяет обеспечить равномерное распределение семян вдоль рядка, уменьшить сплошные просевы и микропросевы, снижающие урожайность возделываемых культур на 4-12% а также оперативно информировать механизатора о возникающих технологических и технических отказах как отдельных высевающих аппаратов, так и сеялки в целом.

По результатам многолетнего мониторинга за посевом семян подсолнечника, кукурузы, сахарной свеклы указанными сеялками, проведенного сотрудниками института в различных регионах РФ и положительных отзывов специалистов хозяйств, была подтверждена надёжная и качественная работа сеялок при квалифицированном и грамотном использовании и эксплуатации в соответствии с предписанными Инструкцией требованиями.

Председатель комиссии

Члены комиссии:

 О.Н. Сечкарев
 В.И. Никонов
 А.А. Селоков.
 А.В. Крищенко
 А.В. Балашов
 Н.Ю. Пустоваров

Инструкция по эксплуатации
Система контроля высева семян сеялки
СТП «Ритм-24Т»
КО 3002 00 000 ИЭ

Вниманию покупателя

Обращаем внимание покупателей на то, что вследствие совершенствования системы контроля высева, в инструкции возможны небольшие расхождения между описанием и устройством отдельных узлов и деталей в целом не влияющих на работу системы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая инструкция предназначена для ознакомления с системой контроля высева семян (в описании сокращенно СКВС) и устанавливает правила её эксплуатации.

2. НАЗНАЧЕНИЕ

СКВС СТП «Ритм-24Т» предназначена для настройки качества высева и оценки выполнения посева.

СКВС «Ритм» выдает информацию:

- о норме высева семян по каждому высевающему аппарату за последние 4 оборота опорно-приводного колеса сеялки;
- о скорости агрегата;
- о производительности;
- об оборотах вентилятора (при условии установки датчика);
- о минимальном уровне семян в одном из бункеров (при условии установки датчика);
- о минимальном уровне удобрений в одном из бункеров (при условии установки датчика).

СКВС «Ритм» сигнализирует:

- об отклонении от заданных границ нормы высева по каждому высевающему аппарату;
- об отклонении скорости сева, от заданного программно интервала скоростей;
- о снижении оборотов вентилятора ниже 2500 об/мин;
- о снижении уровня семян в бункере до минимального уровня;
- о снижении уровня удобрений в бункере до минимального уровня.

Последние три вида сигнализации возможны при установке датчика вращения вентилятора и датчиков уровня семян и удобрений, а также при включении контролируемых параметров программно.

СКВС полностью настраивается с помощью специальных параметров, которые могут быть легко запрограммированы с помощью кнопок. Питание СКВС осуществляется от бортовой сети трактора 11-15 В. **Желательно подключать «+» (красный или оранжевый провод) СКВС непосредственно к аккумулятору (например МТЗ-1221 правый аккумулятор), «-» (черный провод) к корпусу трактора.**

3. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Характеристика	Значение величины
Напряжение питания	11-15 В
Степень защиты корпуса БСОИ	IP54
Потребляемый ток, не более	1,0 А
Способ отображения информации	Цифровой, гистограмма
Количество разрядов индикации в каждом канале	2
Количество каналов	24
Допустимая t воздуха, окружающего корпус контроллера	+5°C...+50°C
Атмосферное давление	86...107 кПа
Относительная влажность воздуха	30...80%
Степень защиты корпуса контроллера	IP20
Габаритные размеры контроллера	40x94x358 мм
Габаритные размеры датчика высева	38x40x161 мм
Габаритные размеры датчика пути	28x46x70 мм
Габаритные размеры БСОИ	

4. КОМПЛЕКТНОСТЬ

№ уп. места	Обозначение	Наименование	Кол-во Шт.	Примечание
	КО 3002 00 000	Система контроля высева семян	1	
		<u>Документация</u>		
1	КО 3002 00 000	Инструкция по эксплуатации	1	
		<u>Переменные данные</u>		
		<u>КО 3002 00 000</u>		
	КО 2513.000	Датчик высева	4	
		Винт М3х8Л63 ГОСТ 1491-72	8	
		Шайба 3.016	8	

		ГОСТ 11371-78		
		<u>КО 3002 00 000-01</u>		16-рядн. С
	КО 2513.000	Датчик высева	4	
		Винт М3х8Л63 ГОСТ 1491-72	8	
		Шайба 3.016 ГОСТ 11371-78	8	
		<u>КО 3002 00 000-02</u>		С датчиком
	КО 2731.000	Датчик высева	4	г.Азов
		Винт М3х8Л63 ГОСТ 1491-72	8	
		Шайба 3.016 ГОСТ 11371-78	8	

5. УСТРОЙСТВО И УСТАНОВКА СКВС

Система контроля высева семян (СКВС) представляет собой контроллер с микропроцессором, 16 или 24 датчика высева, индуктивный датчик пути, электронный блок сбора и обработки информации (БСОИ), кабельную разводку по сеялке, состоящую из 2-х жгутов проводов с ответвлениями на каждый датчик высева и датчик пути и кабель, соединяющий сеялку с кабиной трактора. Возможна установка индуктивного датчика вращения вентилятора и емкостных датчиков уровня семян и удобрений.

5.1 Контроллер.

Контроллер предназначен для сбора и вывода на информационное табло информации о текущем состоянии процесса высева семян, информации о скорости агрегата, производительности и количестве засеянной площади, о минимальной и максимальной скорости, установленной программно, а также возможна выдача информации о низких оборотах вентилятора и минимальном остатке семян и удобрений. Он отслеживает работу всех датчиков высева, датчика пути, датчика вращения вентилятора, датчиков уровня семян и удобрений.

Контроллер (Рис.1А) имеет пластмассовый разъёмный корпус, на котором расположены информационное табло, кнопки «Раб», «Стоп», «ПРГ» и кнопку включения.

Информационное табло содержит два ряда по 24 знакоместа. Представление информации на табло построено по принципу постоянного расположения

знакомест. Для лучшего зрительного восприятия, каждому номеру ряда всегда соответствует свое, одно знакоместо.

На нижней грани расположена розетка, в которую вставляется плоская вилка кабеля. Эта вилка дополнительно закрепляется к розетке двумя имеющимися на розетке винтами М3.

Контроллер крепится на металлической подставке через два боковых уха двумя винтами М4х25 с гайками и шайбами.

Установка контроллера.

Контроллер устанавливается в кабине, желательно в ее верхней затененной части (см. Рис. 1Б) или в другом удобном для просмотра месте.

Удобство расположения контроллера диктуется тем, что оператор должен иметь возможность при минимальном повороте головы периодически наблюдать за информационным табло контроллера и свободно работать с кнопками. Наибольшая контрастность информационного табло наблюдается при взгляде, направленном перпендикулярно к лицевой поверхности светофильтра или несколько ниже.

После закрепления подставки с контроллером кабель с розеткой Х1 прокладывается по углу кабины и закрепляется. Разъём Х1 через монтажные люки или иные отверстия в полу или стенках кабины выводятся наружу с левой стороны, т.к. штанга крепления кабелей на сеялке так же расположена с левой стороны от центра. Кабель закрепляется на кронштейне разъёма. Подключение питания для контроллера к бортовой сети трактора осуществляется следующим образом: кабель с плоской вилкой, соединяемой с розеткой контроллера, имеет шнур с двумя клеммами. «Плюс» (красный или оранжевый провод) прикрепляется непосредственно к клемме аккумулятора. «Минус» (коричневый провод) постоянного напряжения 11-15В для СКВС подводится к контроллеру непосредственно от корпуса кабины.

5.2 Датчик высева семян.

Датчики высева (датчики сошников) семян предназначены для регистрации пролета семян от высевающего аппарата сеялки к семенному ложу, устанавливаются в полости сошника или нижней части корпуса высевающего аппарата. Датчик высева представляет собой (Рис. 1Д) металлический корпус с емкостным чувствительным элементом и электронным блоком. Емкость чувствительных элементов образована двумя фольгированными стеклотекстолитовыми пластинами, расположенными параллельно на стенках корпуса датчика, которые образуют рабочий канал для пролета семян. Пролет семян через датчик высева индицируется кратковременным загоранием светодиода.

В металлический корпус вмонтирован электронный датчик емкостного типа. Для улучшения механической прочности и герметизации, корпус залит

эпоксидным компаундом. Для подключения к кабельной разводке на печатной плате имеются 2 контактные втулки под винт М3, рядом с плюсовым выводом расположен светодиод для визуального контроля работы датчика. Поскольку на датчик могут попадать удобрения и влага, на поверхности могут образовываться активные коррозионно-образующие составы, то для увеличения срока службы корпус датчика изготовлен из нержавеющей стали. Датчики не реагируют на пыль, которая осаждается на них. В обслуживании практически не нуждаются, защищены от случайной переплюсовки питания. Подробности установки и крепления датчика высева изложены в подрисуночном тексте Рис. 1.Д.

5.3 Датчик пути

Датчик пути (далее ДП), (Рис.2) предназначен для определения длины пути, пройденного сеялкой. ДП – индуктивного типа. Чувствительная зона датчика (до 3 мм) расположена в торце корпуса, с другого торца расположены клеммы для подсоединения питания. На сеялке установлен один ДП.

ДП выполнен в пластмассовом корпусе цилиндрической формы. Монтируется с помощью кронштейна в точке траектории движения головок болтов, в обслуживании не нуждается.

Установка датчика пути (ДП).

ДП устанавливается (Рис. 2Д) с помощью кронштейна крепления на колесной стойке приводного колеса сеялки.

При установке ДП вне завода-изготовителя сеялки необходимо подготовить отверстия для установки кронштейна. Место отверстий определяется по кронштейну исходя из условия, что при закреплении кронштейна торец прикрепленного к нему датчика пути будет располагаться против головок болтов крепления обода колеса (их траектории движения). Перед затяжкой крепежных болтов необходимо убедиться, что торец ДП находится напротив (соосно) головок болтов крепления диска колеса. Только в таком случае при прохождении головки болта мимо ДП до торца болта (Рис.2В) регулируется осевым смещением корпуса ДП и должно быть в пределах 1...3 мм. Вращением колеса необходимо проверить равномерность зазора по всем болтам (гайкам).

Примечание. Головки болтов или гайки должны быть одного типоразмера. Ниппель колеса обязательно должен располагаться с другой (относительно ДП) стороны обода. В противном случае он будет ударять по корпусу датчика пути и повредит его.

5.4 Электронный блок сбора и обработки информации.

Электронный блок сбора и обработки информации (далее БСОИ) предназначен для сбора и обработки информации, передаваемой с датчиков

сошников, датчиков уровня семян и удобрений, датчика оборотов вентилятора и датчика пути и передачи ее на контроллер.

БСОИ представляет собой электронную плату, помещенную в металлический короб. Монтируется с помощью кронштейна на балке сцепки.

5.5 Кабельная разводка сеялки.

Кабельная разводка сеялки (далее КРС) предназначена для подсоединения всех датчиков к кабелю блока сбора и обработки информации и передачи информации от него к контроллеру. Она конструктивно выполнена к каждому типу сеялки отдельно.

Установка и проверка кабельной разводки на сеялке.

Монтаж кабельной разводки по сеялке выполнен способом крепления жгута проводов по раме сеялки с помощью хомутов 5x200. Крепление шнура к каждому высевному аппарату осуществляется двумя хомутами 5x200. 2 кабеля закрепляются на раме и штанге, установленной на кронштейне сеялки, лентой полипропиленовой с замками. Установка КРС по раме сеялки производится в следующем порядке:

а) установить под настилом сеялки кронштейны крепления штанг: отвернуть 12 гаек крепления настила (по 6 шт. на $\frac{1}{2}$ сеялки), на освободившиеся места установить кронштейны и привернуть гайки на прежние места. Прикрепить при помощи резьбовых хомутов балки и штанги (труба 25x25 с пластиковым кабель-каналом), причем штанги установить разъемами к центру.

б) два жгута к датчикам высева предварительно раскладывают вдоль $\frac{1}{2}$ рамы сеялки каждый без окончательного закрепления;

в) подключить все ДВ: установить датчики высева на место (Рис.1Д) и, начиная от точки подключения к датчикам, закрепить шнуры всех датчиков без натяжки на высевных секциях хомутами 5x200 (по 2 шт. на каждый), не допуская излишнего провисания и с учетом возможного повреждения при работе механизмов.

г) предварительно вырезав пазы в пластиковых кабель-каналах под выход проводов на датчики, уложить в них жгуты. Упорядочить расположение жгутов по раме сеялки, но окончательное закрепление выполнить с учетом возможного натяжения проводов при максимальном подъеме сеялки и состоянии механизмов при работе (изменение угла наклона, секций вращения валов, колебаний). Закрывать кабель-канал, закрепить хомутами 5x200. Прикрепить жгуты к разъемам винтами М3.

д) кабель, длиной 4,0 м подсоединить к разъему со жгутами, закрепить и вывести над верхней балкой рамы к штанге, закрепить лентой полипропиленовой.

е) на кронштейне крепления двух разъемов подключить 2 кабеля.

ж) завести кабель с плоской вилкой в кабину трактора и подключить к контроллеру.

6. Принцип работы СКВС

Семена, пролетая через чувствительную зону датчика высева, приводят к появлению электрического сигнала, который по кабельной разводке поступает в схему обработки, расположенную в электронном блоке сбора и обработки информации (БСОИ).

Головки болта крепления диска приводного колеса сеялки, проходя мимо торца датчика пути приводит к появлению сигнала, который также поступает в схему обработки и используется для определения длины пройденного пути.

Сигналы от всех датчиков поступают в БСОИ. Во время работы сеялки, используя введенные данные и полученные от датчиков сигналы, БСОИ обрабатывает их по заданному алгоритму и передает через каждые 4 оборота опорно-приводного колеса информацию на контроллер в кабине трактора, который ее обрабатывает по заданному алгоритму, выдавая на информационное табло норму высева в цифровом виде или виде гистограммы, информацию о скорости агрегата, производительности, оборотах вентилятора или информацию о каких-либо сбоях в работе сеялки. После остановки посевного агрегата и нажатия кнопки «Стоп» информационное табло контроллера не мигает и звуковой сигнал не подается, а информация о норме высева выдается только в цифровом виде.

Режимы работы СКВС.

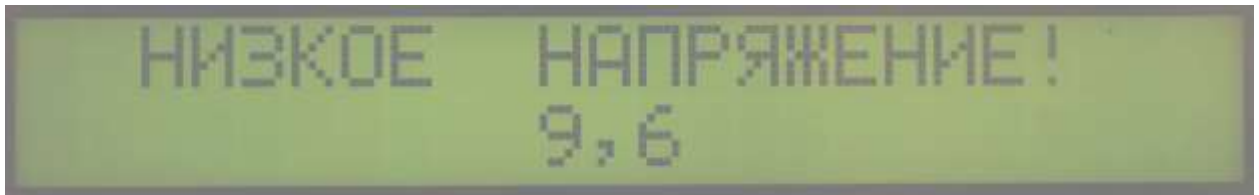
При включении системы контроля высева загорается надпись (2-3 сек)



После этого производится измерение напряжения бортовой сети



В случае падения напряжения ниже 11В или напряжения выше 15,5В происходит мигание надписи и раздается прерывистый звуковой сигнал.



или



Контроль высева невозможно вести при выходе напряжения за заданные границы во всех режимах работы.

В случае короткого замыкания в цепи питания датчиков раздается прерывистый звуковой сигнал и на дисплее появится изображение:



что означает короткое замыкание в цепи питания конкретных датчиков. **Во избежание выхода из строя системы контроля не рекомендуется держать ее во включенном состоянии более 15-20 сек. Этого времени достаточно для запоминания номеров того или тех каналов, в которых произошло короткое замыкание.**

В случае, если напряжение находится в заданных пределах и нет короткого замыкания в цепи питания датчиков, на дисплее появится следующее изображение:



После этого необходимо ввести нужные параметры.

Режим программирования (только из режима «Стоп»)

Нажмите и удерживайте кнопку ПРГ 3-4сек. На дисплее появится следующее изображение:



Изменяется параметр от 30 до 100см (шаг 1 см). «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение.

Примечание: Неправильно выставленный диаметр колеса повлечет за собой показания неправильной нормы высева, скорости агрегата, производительности и засеянной площади. Не путать этот параметр с длиной окружности колеса!

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 01 до 10 кнопками «Раб» и «Стоп». «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 3 до 12м. кнопками «Раб» и «Стоп» (шаг 0,1 м). **Примечание. Неправильно выставленная ширина сеялки повлечет за собой показания неправильной производительности и засеянной площади.**

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 1,0 до 16,0шт/м (шаг 0,1шт/м). Это нижняя граница нормы высева. «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 3,0 до 24,0шт/м (шаг 0,1шт/м). Это верхняя граница нормы высева. «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение

Примечание: В случае, если минимальная норма высева больше максимальной выход из режима программирования невозможен. На дисплее отобразится: «ОШИБКА НОРМЫ ВЫСЕВА!»

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 1 до 10км/ч (шаг 1км/ч). Это нижняя граница скорости агрегата. «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение. Если при севе скорость агрегата меньше нижней границы, то появится надпись:

«НИЗКАЯ СКОРОСТЬ!»

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Изменяется от 6 до 20км/ч (шаг 1км/ч). Это верхняя граница скорости агрегата. «Стоп» - уменьшение величины, «Раб»- увеличение. Если при севе скорость агрегата выше верхней границы, то появится надпись:

«ВЫСОКАЯ СКОРОСТЬ!»

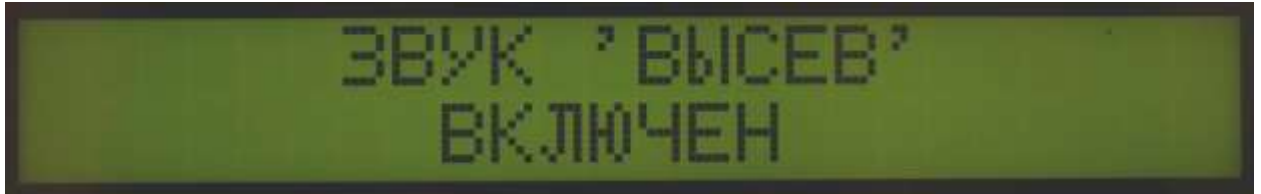
Примечание: В случае, если минимальная скорость больше максимальной, выход из режима программирования невозможен. На дисплее отобразится: «ОШИБКА ИНТЕРВ. СКОРОСТИ!»

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Нажатие кнопок «Раб» или «Стоп» (любой) включает или отключает данный параметр. Если звук включен, то при выходе скорости за заданный интервал будет раздаваться непрерывный звуковой сигнал.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Нажатие кнопок «Раб» или «Стоп» (любой) включает или отключает данный параметр. Если звук включен, то при выходе нормы высева за заданный интервал будет раздаваться прерывистый звуковой сигнал в такт с миганием индикатора.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Нажатие кнопок «Раб» или «Стоп» (любой) переключает данный параметр.



При автоматическом режиме с началом вращения опорно-приводного колеса сеялки система контроля переходит в режим «РАБОТА» самостоятельно. После остановки опорно-приводного колеса система контроля переходит в режим «СТОЯНКА».

При ручном режиме «РАБОТА» и «СТОЯНКА» включаются после нажатия соответствующих кнопок.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Данный вариант сеялки не предусматривает установку датчика вращения вентилятора, поэтому параметр отключен.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



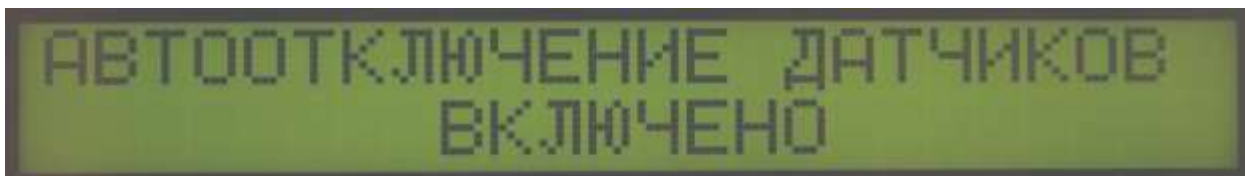
Данный вариант сеялки не предусматривает установку датчика минимального уровня семян, поэтому параметр отключен.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Данный вариант сеялки не предусматривает установку датчика минимального уровня удобрений, поэтому параметр отключен.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



При включенном параметре через 60сек. после начала сева происходит автоматическое отключение незадействованных каналов.

Нажатие кнопок «Раб» или «Стоп» (любой) переключает данный параметр.



При отключенном параметре автоматическое отключение незадействованных каналов не происходит.

Кратковременно нажмите кнопку ПРГ, на дисплее появится следующее изображение:



Нажатие кнопки «Стоп» изменяет номер датчика сошника, а нажатие кнопки «Раб» включает или выключает данный датчик.

Нажмите и удерживайте кнопку ПРГ 3-4сек. На дисплее появится следующее изображение:

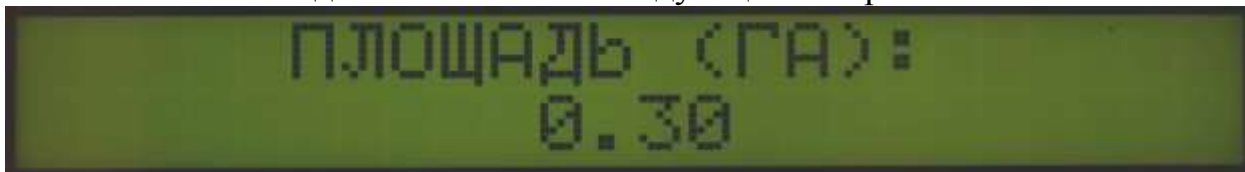


Затем автоматически система из режима «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» переходит в режим «СТОЯНКА». После обновления параметров система контроля готова к работе. **При выключении системы контроля установленные параметры сохраняются!**

Система контроля предусматривает следующие сервисные функции:

- просмотр засеянной площади;
- количество оборотов колеса;
- проверка работоспособности датчиков;
- измерение длины пройденного пути;
- измерение напряжения бортовой сети.

Для этого необходимо в режиме «СТОЯНКА» нажать и удерживать кнопку «Стоп» 3-4 сек. На дисплее появится следующее изображение:



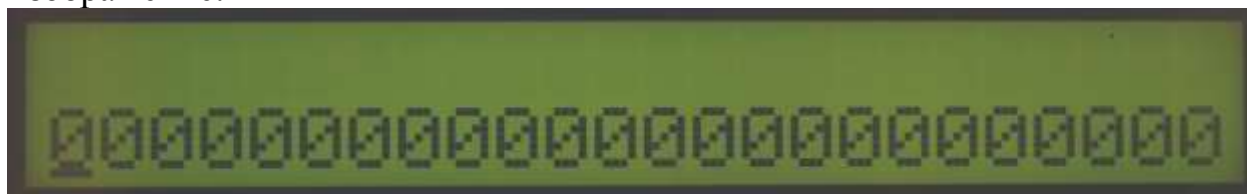
Данная информация отображает засеянную площадь. **Параметр засеянной площади только суммируется.**

Кратковременно нажмите кнопку «Стоп», на дисплее появится следующее изображение:



При правильно установленном количестве шпилек колеса и вращении опорно-приводного колеса, у которого установлен датчик пути, на дисплее будет отображаться реальное количество оборотов колеса.

Кратковременно нажмите кнопку «Стоп», на дисплее появится следующее изображение:



При воздействии на датчики высева каким-либо предметом (например, деревянной палочкой) на дисплее отобразится цифровая информация, что косвенно говорит о работоспособности датчика высева.

Кратковременно нажмите кнопку «Стоп», на дисплее появится следующее изображение:



При вращении опорно-приводного колеса сеялки и правильно установленном диаметре колеса и количестве шпилек будет отображаться реально пройденный путь в метрах.

Кратковременно нажмите кнопку «Стоп», на дисплее появится следующее изображение:



Данная информация отображает напряжение в бортовой сети трактора. Нажмите и удерживайте кнопку «Стоп» 3-4сек. Система контроля перейдет в режим «СТОЯНКА».

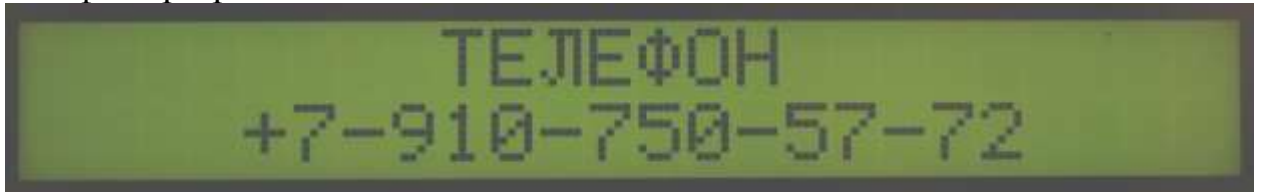
7. Работа СКВС.

7.1 Подготовка изделия к работе.

При выполнении монтажных работ необходимо применять только стандартный инструмент.

Подсоедините кабель от БСОИ к контроллеру. Контроллер, как и датчики высева, защищен от случайной переполюсовки питания. Подключите контроллер к источнику питания 11-15В, соблюдая полярность. **Настоятельно рекомендуется подключать систему контроля непосредственно к аккумулятору трактора, особенно если на тракторе использован стартер, работающий от напряжения 24В.**

После включения СКВС на информационном табло появляется номер телефона разработчика системы:



После этого производится измерение напряжения бортовой сети.



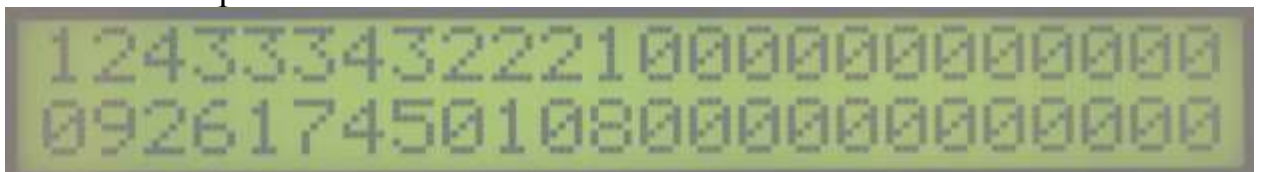
Если бортовое напряжение находится в заданных пределах 11-15,5В, то после информации о бортовом напряжении через 2-3сек. на информационном табло появится:



Войдите в режим «ПРОГРАММИРОВАНИЕ» и установите нужные параметры. Система контроля высева семян готова к работе.

7.2 Работа СКВС во время посева.

Во время высева семян проводится текущий (оперативный), технологический контроль качества выполняемого посева. При работе сеялки с СКВС необходимо придерживаться скорости в заданном интервале. Через каждые 4 оборота опорно-приводного колеса, будет происходить смена показаний нормы высева.



В верхнем ряду отображается целая часть нормы высева, а в нижнем - десятая часть. Например, в данном случае:

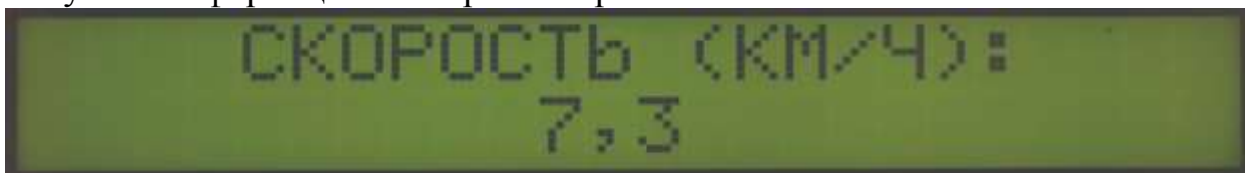
- 1-й высеваящий аппарат: 1,0 шт./м.
 2-й высеваящий аппарат: 2,9 шт./м.
 3-й высеваящий аппарат: 4,2 шт./м.
 4-й высеваящий аппарат: 3,6 шт./м. и т.д.

При качественной работе всех высеваящих аппаратов и поддержании скорости в заданном интервале, звукового сигнала не должно быть, а на дисплее будет происходить смена показаний нормы высева на 1 метр пути. Во время работы информацию о норме высева можно выводить в виде гистограммы. Для этого следует кратковременно нажать кнопку «Прг».



В тех каналах, где норма высева выходит за заданные пределы, информация будет отображаться в цифровом виде. В режиме «СТОЯНКА» информация будет только в цифровом виде.

Если норма высева во всех каналах и скорость находятся в заданных интервалах, можно путем кратковременного нажатия на кнопку «Раб» получить информацию о скорости агрегата:



Повторное кратковременное нажатие на кнопку «Раб» позволит вывести информацию о производительности:



Если в данный момент произойдет какой-либо сбой в работе, то на дисплее отобразится информация о сбое.

Повторное кратковременное нажатие на кнопку «Раб» позволит вывести информацию о норме высева.

.3 Возможные технические и технологические отказы сеялки и способы их устранения.

Показания прибора	Возможная причина отказа	Способы устранения
В одном или нескольких каналах	Неисправность цепного привода одного или	Восстановить цепной привод.

одновременно показания низкой нормы высева	нескольких высевающих аппаратов. Нарушение целостности шланга, создающего вакуум.	Отремонтировать или заменить шланг.
Во всех каналах одновременно показания низкой нормы высева	Обрыв или проскальзывание ремня привода вентилятора.	Заменить ремень или подтянуть его.
В одном или нескольких каналах норма высева заметно меньше, чем в остальных	Засорение отверстия диска в дозаторе. Засорение сошника почвой.	Прочистить отверстие. Очистить полость сошника деревянной палочкой.
Появление надписи «низкая скорость»	Плохой прижим приводного колеса сеялки. Низкая скорость движения трактора.	Отрегулировать прижим сеялки. Увеличить скорость.
Появление надписи «высокая скорость»	Высокая скорость движения трактора.	Снизить скорость.

В случае, если произошел обрыв провода между контроллером и БСОИ, то на контроллере будет информация: НЕТ ДАННЫХ.

Пример настройки СКВС

Предположим, что нужно настроить СКВС для контроля сеялки СТП «Ритм-24Т» при севе подсолнечника. Скорость агрегата должна быть не менее 5км/ч и не более 8км/ч. **Внимание! Равномерность высева в большей степени зависит от скорости движения агрегата и подчиняется законам физики. При высокой скорости движения агрегата равномерность высева будет плохой, что резко скажется на урожайности.**

Настройте сеялку. Если Вы выбрали расстояние между семенами 17см это означает, что на 1м должно быть посеяно примерно 5,8-5,9шт.

Подсоедините кабели, надежно подсоедините провод питания СКВС к источнику питания 11-15В постоянного тока.

Настоятельно рекомендуется подсоединять провод питания непосредственно к аккумулятору трактора!

Включите СКВС. Если бортовое напряжение находится в заданных пределах, то на дисплее отобразится:



Нажмите и удерживайте кнопку «Прг» 3-4сек. На дисплее отобразится:



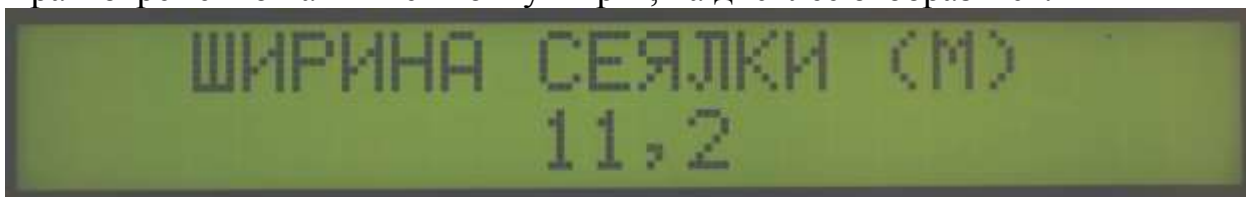
Кнопками «Раб» и «Стоп» установите диаметр колеса 70-72см. **Внимание! Не путайте этот параметр с длиной окружности колеса!**

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение 5.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение 11,2м.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



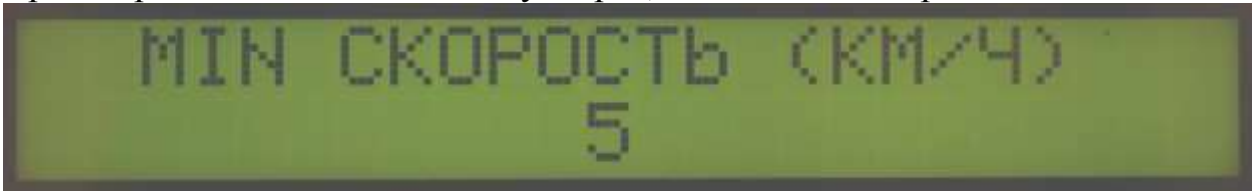
Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение нужной минимальной нормы высева. В данном случае, если норма высева будет 5,8шт/м, то следует установить минимальную норму высева 4,5 - 4,8шт/м.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



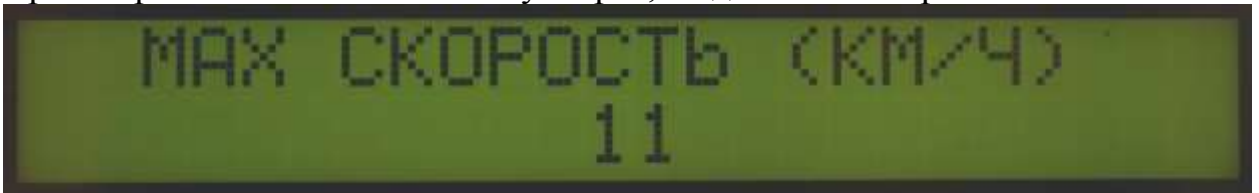
Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение нужной максимальной нормы высева. В данном случае, если норма высева будет 5,8шт/м, то следует установить максимальную норму высева 6,8 – 7,0шт/м.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение нужной минимальной скорости.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



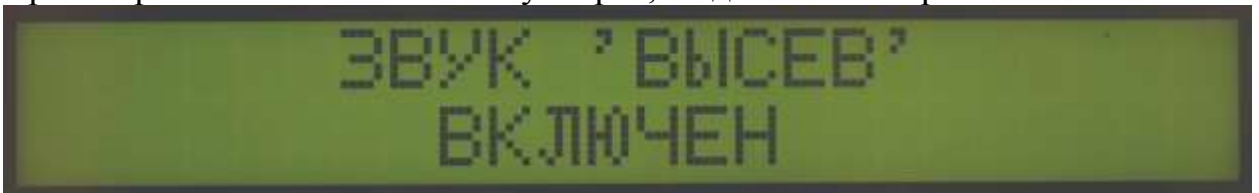
Кнопками «Раб» и «Стоп» установите значение нужной максимальной скорости.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



По Вашему усмотрению включите или отключите звук.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



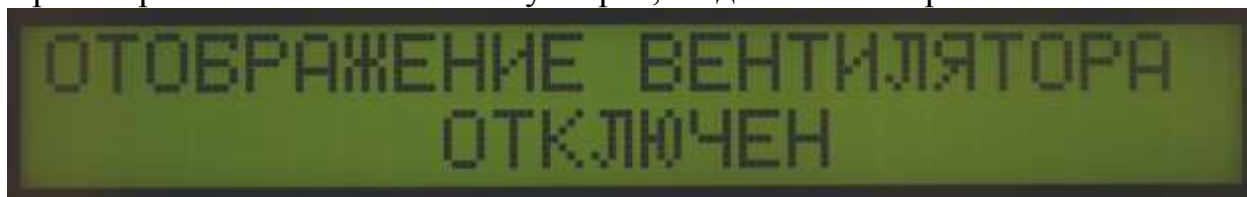
По Вашему усмотрению включите или отключите звук.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



По Вашему усмотрению выберите режим работы. Для удобства работы рекомендован автоматический режим.

Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



В данном случае автоотключение должно быть включено.

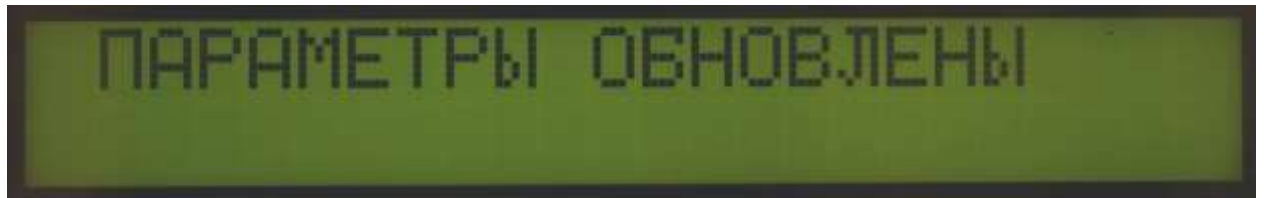
Кратковременно нажмите кнопку «Прг», на дисплее отобразится:



Последовательное нажатие кнопки «Стоп» изменяет номер датчика, а нажатие кнопки «Раб» включает или выключает соответствующий датчик.

В данном случае необходимо включить все 24 датчика. Через 60сек. после начала сева произойдет отключение незадействованных 8 датчиков.

Нажмите и удерживайте кнопку «ПРГ» 3-4сек. На дисплее кратковременно появится:



Затем отобразится:



Система контроля готова к работе.

Таблица Д1 – Расчет траектории семян сои для пневматического высевающего аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевающего аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,415	1,784	2,154	2,646	3,199	-0,960
0,027	2,830	3,568	4,306	5,290	6,397	-3,842
0,041	4,245	5,352	6,458	7,933	9,592	-8,644
0,055	5,659	7,134	8,609	10,575	12,786	-15,366
0,071	7,073	8,916	10,759	13,215	15,977	-24,010
0,083	8,486	10,698	12,908	15,854	19,167	-34,574
0,097	9,899	12,479	15,057	18,492	22,354	-47,059
0,111	11,312	14,259	17,204	21,128	25,540	-61,465
0,125	12,724	16,038	19,351	23,763	28,724	-77,792
0,139	14,136	17,817	21,496	26,397	31,905	-96,040

Таблица Д2 – Расчет траектории семян сои для механического высевающего аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевающего аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,719	2,167	2,615	3,212	3,885	-0,960
0,027	3,437	4,333	5,229	6,423	7,766	-3,842
0,041	5,154	6,498	7,841	9,632	11,645	-8,644
0,055	6,871	8,662	10,452	12,838	15,521	-15,366
0,071	8,587	10,825	13,062	16,043	19,394	-24,010
0,083	10,303	12,987	15,670	19,245	23,265	-34,574
0,097	12,018	15,149	18,277	22,446	27,132	-47,059
0,111	13,733	17,309	20,883	25,645	30,997	-61,465
0,125	15,447	19,469	23,488	28,842	34,858	-77,792
0,139	17,160	21,628	26,091	32,037	38,717	-96,040

Таблица Д3 – Расчет траектории семян люпина для пневматического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,314	1,657	2,000	2,457	2,972	-0,828
0,027	2,730	3,442	4,154	5,104	6,172	-3,572
0,041	4,145	5,227	6,308	7,750	9,372	-8,237
0,055	5,561	7,012	8,462	10,396	12,572	-14,822
0,071	7,179	9,051	10,924	13,421	16,230	-24,701
0,083	8,392	10,581	12,770	15,689	18,972	-33,756
0,097	9,807	12,366	14,924	18,335	22,173	-46,104
0,111	11,223	14,150	17,078	20,981	25,373	-60,373
0,125	12,638	15,935	19,232	23,627	28,572	-76,562
0,139	14,054	17,720	21,386	26,274	31,772	-94,673

Таблица Д4 – Расчет траектории семян люпина для механического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,596	2,012	2,429	2,984	3,608	-0,828
0,027	3,315	4,180	5,044	6,197	7,494	-3,572
0,041	5,034	6,347	7,660	9,411	11,380	-8,237
0,055	6,752	8,514	10,275	12,624	15,266	-14,822
0,071	8,717	10,991	13,265	16,296	19,707	-24,701
0,083	10,190	12,848	15,506	19,051	23,038	-33,756
0,097	11,909	15,015	18,122	22,264	26,924	-46,104
0,111	13,628	17,182	20,737	25,477	30,809	-60,373
0,125	15,346	19,350	23,353	28,690	34,695	-76,562
0,139	17,065	21,517	25,968	31,903	38,580	-94,673

Таблица Д5 – Расчет траектории семян гороха для пневматического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,314	1,657	2,000	2,457	2,972	-0,828
0,027	2,730	3,442	4,154	5,104	6,172	-3,572
0,041	4,145	5,227	6,308	7,750	9,372	-8,237
0,055	5,561	7,012	8,462	10,396	12,572	-14,822
0,071	7,179	9,051	10,924	13,421	16,230	-24,701
0,083	8,392	10,581	12,770	15,689	18,973	-33,756
0,097	9,807	12,366	14,924	18,335	22,173	-46,104
0,111	11,223	14,151	17,078	20,982	25,373	-60,373
0,125	12,638	15,935	19,232	23,628	28,573	-76,562
0,139	14,054	17,720	21,386	26,274	31,773	-94,673

Таблица Д6 – Расчет траектории семян гороха для механического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,596	2,012	2,429	2,984	3,608	-0,828
0,027	3,315	4,180	5,044	6,197	7,494	-3,572
0,041	5,034	6,347	7,660	9,411	11,380	-8,237
0,055	6,753	8,514	10,276	12,624	15,266	-14,822
0,071	8,717	10,991	13,265	16,297	19,708	-24,701
0,083	10,190	12,848	15,507	19,051	23,038	-33,756
0,097	11,909	15,016	18,122	22,264	26,924	-46,104
0,111	13,628	17,183	20,738	25,478	30,810	-60,373
0,125	15,347	19,350	23,353	28,691	34,696	-76,562
0,139	17,065	21,517	25,969	31,904	38,582	-94,673

Таблица Д7 – Расчет траектории семян свеклы для пневматического высевающего аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевающего аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,314	1,657	2,000	2,457	2,972	-0,828
0,027	2,730	3,442	4,154	5,104	6,172	-3,572
0,041	4,145	5,227	6,308	7,750	9,372	-8,237
0,055	5,561	7,012	8,462	10,396	12,572	-14,822
0,071	7,179	9,051	10,924	13,421	16,230	-24,701
0,083	8,392	10,581	12,770	15,689	18,973	-33,756
0,097	9,807	12,366	14,924	18,335	22,173	-46,104
0,111	11,223	14,151	17,078	20,982	25,373	-60,373
0,125	12,638	15,935	19,232	23,628	28,573	-76,562
0,139	14,054	17,720	21,386	26,274	31,773	-94,673

Таблица Д8 – Расчет траектории семян свеклы для механического высевающего аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевающего аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,596	2,012	2,429	2,984	3,608	-0,828
0,027	3,315	4,180	5,044	6,197	7,494	-3,572
0,041	5,034	6,347	7,660	9,411	11,380	-8,237
0,055	6,753	8,514	10,276	12,624	15,266	-14,822
0,071	8,717	10,991	13,265	16,297	19,708	-24,701
0,083	10,190	12,848	15,507	19,051	23,038	-33,756
0,097	11,909	15,016	18,122	22,264	26,924	-46,104
0,111	13,628	17,183	20,738	25,478	30,810	-60,373
0,125	15,347	19,350	23,353	28,691	34,696	-76,562
0,139	17,065	21,517	25,969	31,904	38,582	-94,673

Таблица Д9 – Расчет траектории семян моркови для пневматического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,314	1,657	2,000	2,457	2,972	-0,828
0,027	2,730	3,442	4,154	5,104	6,172	-3,572
0,041	4,145	5,227	6,308	7,750	9,372	-8,237
0,055	5,561	7,012	8,462	10,396	12,572	-14,822
0,071	7,179	9,051	10,924	13,421	16,230	-24,701
0,083	8,392	10,581	12,770	15,689	18,973	-33,756
0,097	9,807	12,366	14,924	18,336	22,173	-46,104
0,111	11,223	14,151	17,078	20,982	25,373	-60,373
0,125	12,638	15,935	19,232	23,628	28,574	-76,562
0,139	14,054	17,720	21,386	26,275	31,774	-94,673

Таблица Д10 – Расчет траектории семян моркови для механического высевального аппарата.

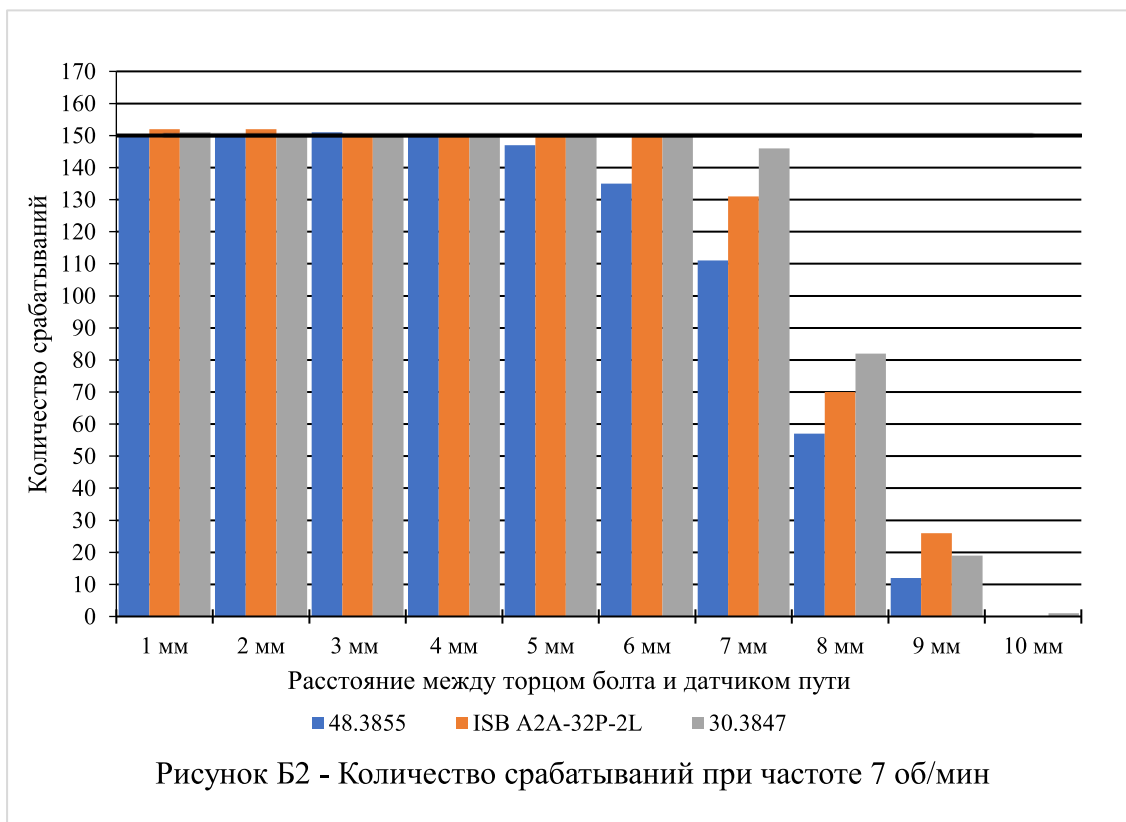
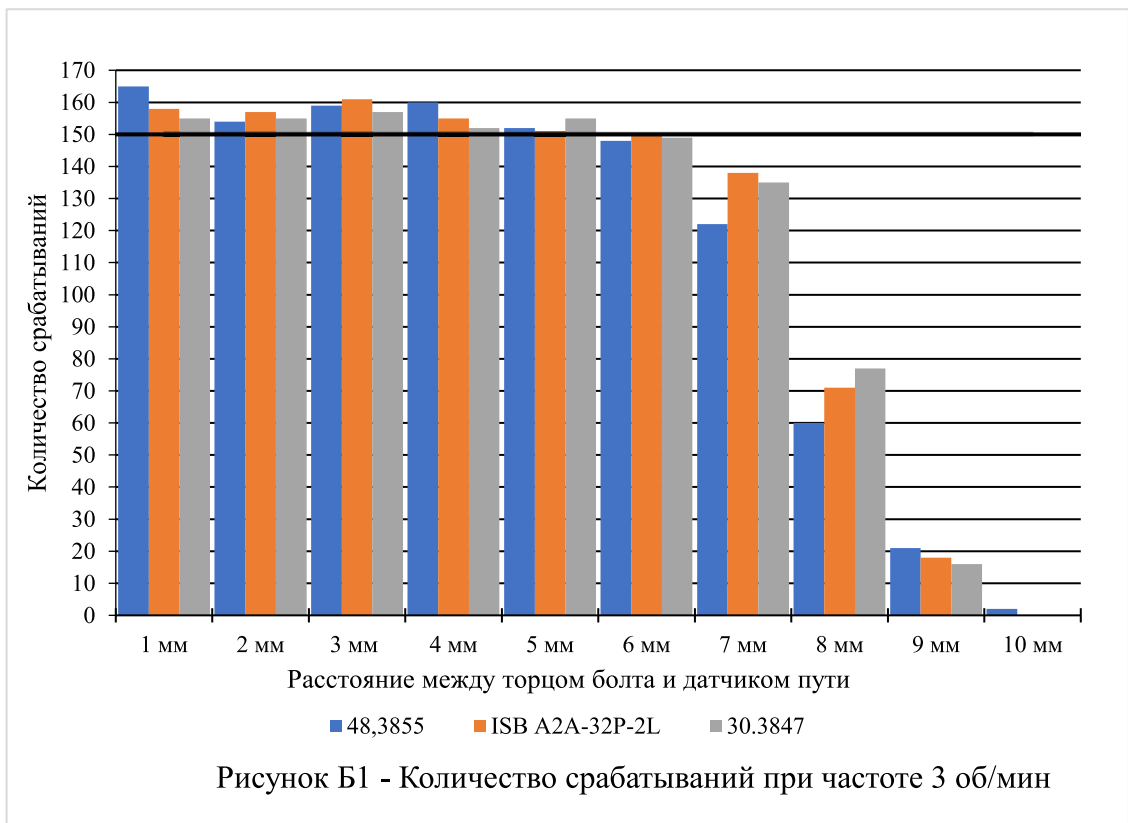
Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,596	2,012	2,429	2,984	3,608	-0,828
0,027	3,315	4,180	5,044	6,197	7,495	-3,572
0,041	5,034	6,347	7,660	9,411	11,381	-8,237
0,055	6,753	8,514	10,276	12,624	15,267	-14,822
0,071	8,717	10,991	13,265	16,297	19,708	-24,701
0,083	10,190	12,848	15,507	19,051	23,039	-33,756
0,097	11,909	15,016	18,122	22,265	26,925	-46,104
0,111	13,628	17,183	20,738	25,478	30,811	-60,373
0,125	15,347	19,350	23,354	28,691	34,696	-76,562
0,139	17,065	21,517	25,969	31,905	38,582	-94,673

Таблица Д11 – Расчет траектории семян кукурузы для пневматического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,314	1,657	2,000	2,457	2,972	-0,828
0,027	2,730	3,442	4,154	5,104	6,172	-3,572
0,041	4,145	5,227	6,308	7,750	9,372	-8,237
0,055	5,561	7,012	8,462	10,396	12,572	-14,822
0,071	7,179	9,051	10,924	13,421	16,230	-24,701
0,083	8,392	10,581	12,770	15,689	18,973	-33,756
0,097	9,807	12,366	14,924	18,335	22,173	-46,104
0,111	11,223	14,151	17,078	20,982	25,373	-60,373
0,125	12,638	15,935	19,232	23,628	28,573	-76,562
0,139	14,054	17,720	21,386	26,274	31,773	-94,673

Таблица Д12 – Расчет траектории семян кукурузы для механического высевального аппарата.

Время, с	Частота вращения диска высевального аппарата, об/мин					Вертикальное перемещение семени, мм
	11,5	14,5	17,5	21,5	26	
	Горизонтальное смещение семян, мм					
1	2	3	4	5	6	7
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,013	1,596	2,012	2,429	2,984	3,608	-0,828
0,027	3,315	4,180	5,044	6,197	7,494	-3,572
0,041	5,034	6,347	7,660	9,411	11,380	-8,237
0,055	6,753	8,514	10,276	12,624	15,266	-14,822
0,071	8,717	10,991	13,265	16,297	19,708	-24,701
0,083	10,190	12,848	15,507	19,051	23,038	-33,756
0,097	11,909	15,016	18,122	22,264	26,924	-46,104
0,111	13,628	17,183	20,738	25,478	30,810	-60,373
0,125	15,347	19,350	23,353	28,691	34,696	-76,562
0,139	17,065	21,517	25,969	31,904	38,582	-94,673



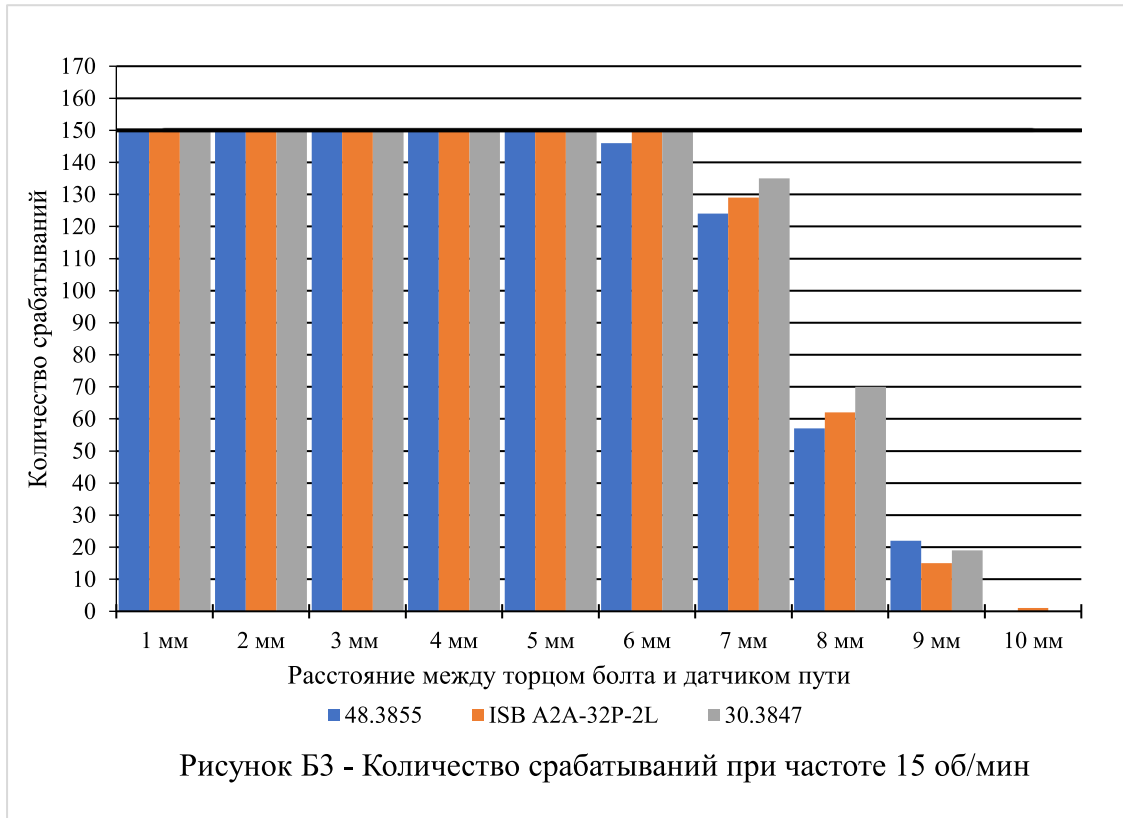


Таблица Б1 – Данные исследования датчика пути.

Расстояние, мм	3 об/мин			7 об/мин			15 об/мин		
	Количество срабатываний								
	датчик			датчик			датчик		
	48.3855	ISB A2A-32P-2L	30.3847	48.3855	ISB A2A-32P-2L	30.3847	48.3855	ISB A2A-32P-2L	30.3847
1	165	158	155	150	152	151	150	150	150
2	154	157	155	150	152	150	150	150	150
3	159	161	157	151	150	150	150	150	150
4	160	155	152	150	150	150	150	150	150
5	152	151	155	147	150	150	150	150	150
6	148	150	149	135	150	150	146	150	150
7	122	138	135	111	131	146	124	129	135
8	60	71	77	57	70	82	57	62	70
9	21	18	16	12	26	19	22	15	19
10	2	0	0	0	0	1	0	1	0