

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»

На правах рукописи



ТИМОШИНОВ Михаил Григорьевич

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ
НАПОЛНЕННОСТИ БУНКЕРА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Пухов Евгений Васильевич, доктор технических наук, доцент

Воронеж – 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	12
1.1 Анализ технологий сбора и транспортировки сельскохозяйственной продукции	12
1.2 Виды потерь урожая при выполнении уборочных работ в сельском хозяйстве	16
1.3 Анализ развития процессов автоматизации и информатизации сельского хозяйства	23
1.4 Методы контроля сельскохозяйственных процессов на основе спутникового мониторинга.....	31
1.5 Анализ технических средств для контроля перевозимого зерна во время уборки урожая	36
ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ СОКРАЩЕНИЯ ПРОСТОЕВ КОМБАЙНОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....	46
2.1 Структура системы сокращения затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке сельскохозяйственной продукции.....	46
2.2 Формирование структуры потерь времени при выполнении уборочно- транспортных работ	48
2.3 Оптическое распознавание уровня зернового материала в бункере комбайна.....	52
2.3.1 Выбор способа оптического отделения области зернового материала на изображении.....	53

2.3.2 Построение поверхности зернового материала по оптически определенной границе между зерновым материалом и бункером	58
2.3.3 Определение объема зернового материала в бункере.....	62
2.3.4 Теоретические исследования режимов выгрузки бункеров комбайна.....	63
Выводы по 2 главе.....	65
ГЛАВА 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПТИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ УРОВНЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА В БУНКЕРЕ	67
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	67
3.2 Оборудование для испытания предложенного метода	68
3.3 Методика проведения исследований и обработки экспериментальных данных ..	70
3.4 Методика проведения исследований влияния различных условий на точность и время срабатывания предложенного метода	71
3.5 Программа проведения опытно-производственной проверки	74
3.6 Программная реализация разработанного метода.....	75
Выводы по 3 главе.....	77
ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМА ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ	78
ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ.....	78
4.1 Анализ данных, полученных в результате заполнения зерновым материалом лабораторного бункера.....	78
4.2 Результаты определения влияния общего уровня яркости на точность и время срабатывания предложенного метода.....	82
4.3 Результаты определения влияния степени перекрытия изображения зерновым материалом на точность и время срабатывания предложенного метода	83
4.4 Результаты влияния цвета зернового материала на точность и время срабатывания предложенного метода.....	85
4.5 Результаты влияния места расположения входной трубы на точность и время	

срабатывания предложенного метода.....	86
4.6 Формирование углубления поверхности зернового материала при производственном эксперименте.....	87
Выводы по 4 главе.....	89
ГЛАВА 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	90
ПРЕДЛОЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ.....	90
5.1 Общие положения методики расчета модернизации комбайна.....	90
5.2 Расчет экономической эффективности предложенного технического решения	91
Выводы по 5 главе.....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	98
ПРИЛОЖЕНИЕ А	119
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	127
ПРИЛОЖЕНИЕ В	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	150

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, определено, что продовольственная безопасность является необходимым условием повышения качества жизни российских граждан. При этом стратегической целью продовольственной безопасности является обеспечение населения страны продовольствием. Гарантией её достижения является наличие стабильно функционирующего внутреннего производства и необходимых резервов и запасов.

На себестоимость производства сельскохозяйственных культур оказывает влияние множество факторов. К их числу относятся и затраты на уборочно-транспортные процессы. По литературным источникам видно, что в общей себестоимости производства сельскохозяйственной продукции транспортные затраты составляют до 40-45 % от общих затрат производства культур [115]. Сжатые сроки проведения уборочных работ диктуют необходимость сокращения простоев транспортных и технологических машин. Простои комбайнов в ожидании выгрузки составляют от 5 до 29 % от их общего времени работы на поле [95]. Снижение технической оснащённости и низкая эффективность использования потенциала машин значительно увеличивает фактическую продолжительность уборочных работ по сравнению с нормативными показателями, и вызывает потери продукции до четверти урожая [176].

Согласно указу Президента РФ «О стратегии научно-технологического развития РФ в ближайшие 10-15 лет одним из приоритетных направлений следует считать переход к передовым цифровым и интеллектуальным производственным технологиям. Одной из этих технологий является «умное» сельское хозяйство, заключающееся во взаимодействии и обмене информацией различными устройствами, машинами и системами (дистанционное управление сельхозтехникой и технологическими операциями, контроль различных процессов и состояний).

Таким образом, повышение эффективности уборочно-транспортных процессов

за счет сокращения простоев транспортных и технологических машин является актуальной задачей для сельскохозяйственной отрасли страны.

Диссертация выполнена в рамках научно-исследовательской работы агроинженерного факультета «Инновационные направления совершенствования процессов и технических средств механизации и электрификации сельскохозяйственного производства», утвержденной ученым советом ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ (№ 01.200.1-003986).

Степень разработанности. В настоящее время зарубежными и отечественными учеными разрабатываются технологии и технические системы удаленного контроля за сельскохозяйственными процессами. В зарубежных странах активно развиваются информационные системы мониторинга, способствующие развитию цифровой экономики. Федеральной научно-технической программой развития сельского хозяйства на 2017...2025 годы поддерживается создание и внедрение отечественных конкурентно способных технологий при производстве сельскохозяйственной продукции [103].

В области информатизации и автоматизации производственных процессов сельскохозяйственных предприятий известны работы ученых ведущих научных и образовательных организаций РФ. Так, в работах Завражнова А.И. рассмотрены проблемы неэффективного использования техники в сельском хозяйстве. В.Ф. Федоренко исследовал и обосновал тенденции информационного развития сельскохозяйственного производства. В трудах Завалишина Ф.С., Жалнина Э.В., Савченко А.Н. и Бурьянова А.М. изложены основы технологии уборки зерновых культур. В работах Окунева Г.А. и Шепелева С.Д. рассмотрена эффективность совместной работы транспортных средств с технологическими машинами. Маслов Г.Г. и Московский М.Н. исследовали вопросы оптимизации комплекса уборочных и послеуборочных работ. В своих статьях Измайлов А.Ю и Родригес Р.Ю. описывали управление сельскохозяйственными мобильными агрегатами с использованием навигационной системы ГЛОНАСС/GPS. Труфляк Е.В. провел исследования по определению возмож-

ных потерь зерна в технологических процессах сельскохозяйственного производства. В работах Смирнова И.Г. и Личмана Г.И., Балабанова В.И. изучены проблемы и перспективы научно-технического обеспечения агропромышленного комплекса инновационными технологиями, включая цифровые.

Однако, в трудах ученых недостаточно внимания уделено вопросам сокращения потерь времени при выполнении уборочно-транспортных процессов, включая вопросы формирования структуры системы учета времени на транспортных операциях, разработки технологии и средств непрерывного мониторинга количества зерна в бункере комбайна, являющихся отправной точкой процесса перемещения зерна с поля на ток.

В то же время в уборочно-транспортном процессе получение данных о наполненности бункера комбайна, месте нахождения транспортного средства, времени на ожидание своей очереди на загрузку (дозагрузку), выгрузку является одной из приоритетных задач, позволяющих оперативно направлять транспортные средства к уборочной технике и тем самым сократить простои и технологических и транспортных машин.

В этом случае потребуются разработка комплекса технологических и технических решений, обеспечивающих непрерывное формирование, передачу и обработку данных о наполненности бункера зерноуборочного комбайна на основе использовании информационных технологий.

Цель исследования: повышение эффективности уборочно-транспортного процесса за счет разработки метода и средств оперативного контроля наполненности бункера зерноуборочного комбайна.

Задачи исследования:

- 1) изучить структуру затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке зерновых культур и обосновать требования к системе учета затрат времени;
- 2) теоретически обосновать методику определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса на основе мониторинга наполненно-

сти бункера зерноуборочного комбайна;

3) разработать методику мониторинга объема зернового материала в бункере комбайна с использованием машинного зрения;

4) провести экспериментальные исследования влияния общего уровня яркости, цвета, места поступления зернового материала, перекрытия изображения зерновым материалом на точность определения его объема в бункере зерноуборочного комбайна.

Объект исследования: процесс учета наполнения бункера зерноуборочного комбайна.

Предмет исследования: закономерности влияния формы насыпной поверхности и физико-механических характеристик зернового материала на степень заполнения бункера зерноуборочного комбайна.

Научная новизна:

1) методика определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса, отличающаяся учетом наполненности бункера зерноуборочного комбайна;

2) методика определения объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна, отличающаяся использованием машинного зрения и применением многорядного многоточечного шаблона и метода взаимодействующих движущихся точек;

3) критерий соответствия расчетной линии уровня зернового материала в бункере с фактической линией по яркости соседних точек цифрового изображения и алгоритм его определения, отличающиеся использованием многорядного многоточечного шаблона;

4) закономерности влияния общего уровня яркости, цвета, места поступления зернового материала, перекрытия изображения зерновым материалом на точность определения его объема в бункере зерноуборочного комбайна.

Теоретическая значимость работы. Методика определения объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна, позволяющая оценить степень за-

полнения бункера с погрешностью не более 8 %, и критерий соответствия расчетной линии уровня зернового материала в бункере с фактической линией по яркости соседних точек цифрового изображения и алгоритм его определения, позволяющий получить форму поверхности зернового материала в бункере, дополняют теоретические положения расчета степени заполнения бункера.

Практическая значимость работы. Методика определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса позволяет выявить потери времени. Программно-аппаратный комплекс (свидетельство о регистрации программы № 2018614033) по определению объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна позволяет осуществлять оперативный контроль наполненности бункера.

Методология и методы исследования. Решение поставленных задач проводилось на основе теоретических и экспериментальных исследований. При проведении лабораторных исследований использовались апробированные методики, сертифицированные измерительные приборы и средства вычислительной техники.

При выполнении теоретических исследований применялись методы математического анализа, взаимодействующих движущихся точек, случайного перебора вариантов (Монте-Карло), специально разработанные программы на языке программирования Object Pascal в среде Borland Delphi 7, также для реализации случайных величин использовал генератор случайных чисел random из системы программирования Borland Delphi. Вычисления выполнялись на современном персональном компьютере.

Положения, выносимые на защиту:

- 1) методика определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса, позволяющая выявить потери времени;
- 2) методика определения объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна, позволяющая оценить степень наполненности бункера в режиме реального времени;

3) критерий соответствия расчетной линии уровня зернового материала в бункере с фактической линией по яркости соседних точек цифрового изображения и алгоритм его определения, позволяющие получить форму поверхности зернового материала в бункере для уточнения расчета объема зернового материала в бункере;

4) закономерности влияния общего уровня яркости, цвета, места поступления зернового материала, перекрытия изображения зерновым материалом на точность определения его объема в бункере зерноуборочного комбайна, позволяющие оценить эффективность применения программно-аппаратного комплекса по определению объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена: численной реализацией аналитических зависимостей, использованием апробированных методов исследования, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, применением сертифицированного оборудования, современных компьютеров и программного обеспечения, результатами внедрения в производство.

Результаты диссертационного исследования докладывались и обсуждались на международной заочной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов в 2016 г., г. Воронеж; национальной научной конференции «Наука вчера, сегодня, завтра» в 2016 г., г. Воронеж; научной и учебно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов «Теория и практика инновационных технологий в АПК» в 2017 г., г. Воронеж; VIII-й международной научно-практической конференции «Инновации, качество и сервис в технике и технологиях» в 2018 г., г. Курск; 9-ой международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Агроинженерные инновации в сельском хозяйстве» в 2018 г., г. Москва, а также на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ в 2015–2018 годах.

Результаты исследования внедрены на предприятиях ОАО «МАЯК» и ООО

«Агрокультура» Воронежской области и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, что подтверждено соответствующими актами.

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя заключается в постановке задач исследования, выборе методов, разработке методики исследований, выполнении математических преобразований, получении и реализации на ЭВМ аналитических зависимостей, разработке программно-аппаратного комплекса по определению объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна, проведении экспериментов, формулировке выводов, предложений, рекомендаций, подготовке публикаций по теме диссертации.

Публикация результатов исследования. По материалам диссертации опубликовано семь статей, в том числе три статьи – в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций; получено одно свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 197 наименований и четырех приложений. Диссертация изложена на 153 страницах, включает 39 рисунков и пять таблиц.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Для большинства сельскохозяйственных операций, в том числе уборочного процесса, согласованная работа технологических машин с транспортными средствами имеет важное значение. Часто при их совместной работе возникают взаимообусловленные простои, которые при проведении отдельных операций могут достигать 20-25% от общего времени [110].

Сжатые сроки уборки и большие объемы продукции, которые должны быть перевезены в этот период, указывает на необходимость четкой организации использования транспортных средств в соответствии с работой уборочных комбайнов.

1.1 Анализ технологий сбора и транспортировки сельскохозяйственной продукции

На потребность в транспортных средствах (ТС), оказывают влияние следующие факторы:

- урожайность;
- объемный вес убираемой культуры;
- объем бункера комбайна;
- время наполнения бункера продукцией;
- типы имеющихся в хозяйстве транспортных средств;
- удаленность полей от токов и мест хранения;
- состояние дорог;
- наличие механизмов разгрузки и мест складирования и т.д.

При совместной работе уборочных и транспортных средств возникают взаимообусловленные простои. Для их минимизации используют: закрепление транспортных средств за комбайнами; работу уборочно-транспортными отрядами; раз-

личные способы транспортного обеспечения [8,51,62].

Самыми известными технологиями сбора и транспортировки сельскохозяйственной продукции от комбайна, являются:

1. Прямые перевозки;
2. Комбитрейлерный способ;
3. Порционный способ;
4. Использование бункеров-перегрузчиков.

При прямых перевозках зернового материала используют следующую схему: «зерноуборочный комбайн – транспортное средство – ток» (рисунок 1.1).

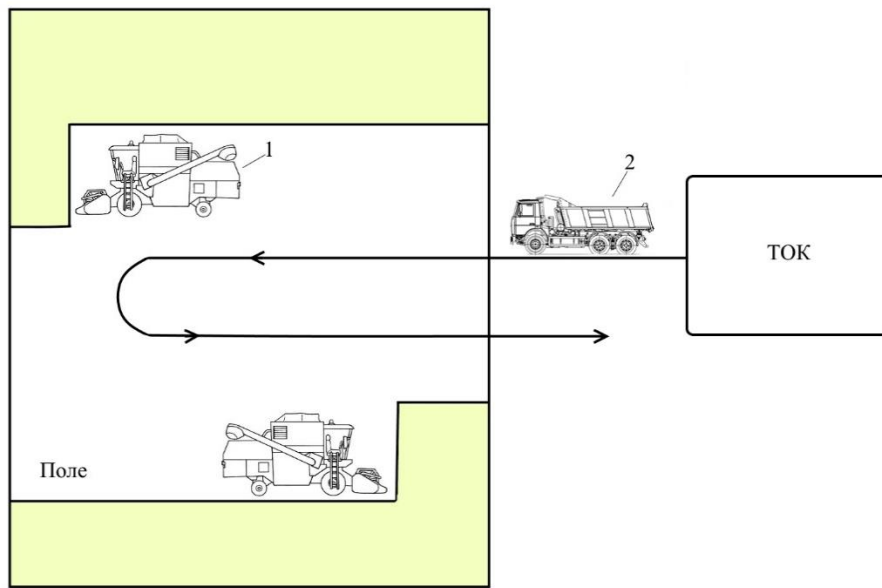


Рисунок 1.1 – Схема прямых перевозок: 1 – зерноуборочный комбайн; 2 – транспортировочная техника

Перевозка организуется рационально, т.е. каждому звену комбайнов присваивается группа (звено) транспортных средств и они не закрепляются за одним конкретным комбайном, а обслуживают все комбайны технологического звена. Звенья подбирают таким образом, чтобы они состояли из однотипных комбайнов и транспортных средств. Для этого в кузов транспортного средства должно входить целое количество бункеров. Количество комбайнов в звене должно быть равно или кратно количеству бункеров, вмещающемуся в кузов транспортного средства. Наиболее це-

лесообразное количество комбайнов в звене от 3 до 7 единиц. Количество транспортных средств определяется из условия равенства производительности технологических и транспортных звеньев.

При комбитрейлерном способе зерновой материал из бункеров комбайнов разгружается в автомобильные прицепы, перевезенные колесными тракторами на край поля (на дорогу), где формируется автопоезд из предварительно загруженного автомобиля и одного или двух прицепов (рисунок 1.2). Автопоездом зерновой материал перевозится на ток.

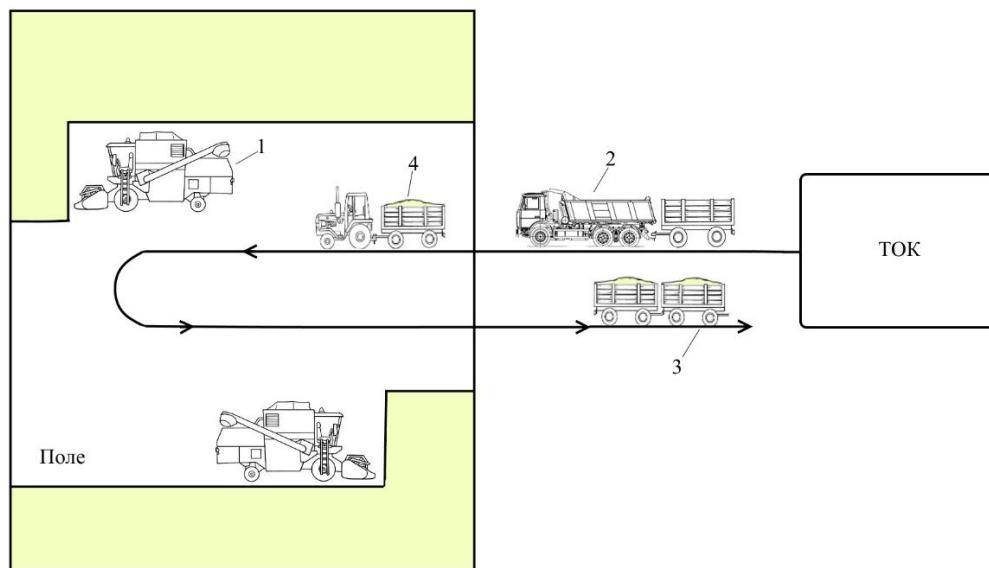


Рисунок 1.2 – Схема комбитрейлерного способа перевозки зернового материала: 1 – зерноуборочный комбайн; 2 – транспортировочная техника; 3 – оборотные прицепы; 4 – трактор

При порционном способе загрузка транспортных средств происходит в фиксированных местах поля (на разгрузочных магистралях), выбор которых происходит с таким расчетом, при котором возможна выгрузка заполненного на 80 и более процентов бункера комбайна (рисунок 1.3). По данной схеме можно работать автомобилями, тракторами с прицепами. В поле на разгрузочной магистрали всегда находятся оборотные прицепы, и комбайны не простаивают из-за отсутствия транспорта. Трактор устанавливает порожние прицепы на разгрузочной магистрали по ходу движения комбайнов, прицепляет груженные и отвозит зерновой материал на ток [109].

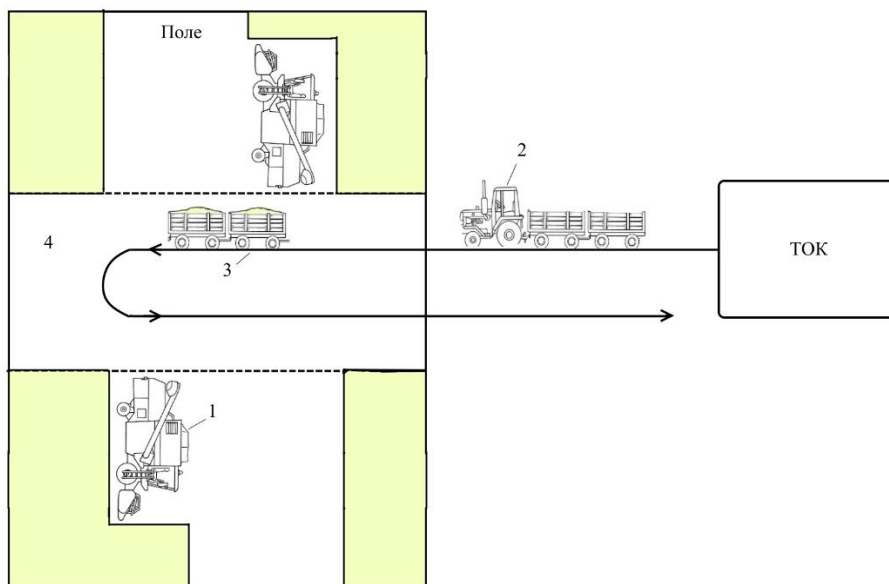


Рисунок 1.3 – Схема порционного способа перевозки зернового материала 1 – зерноуборочный комбайн; 2 – колесный трактор; 3 – оборотные прицепы; 4 – разгрузочная магистраль

При уборке с использованием бункеров-перегрузчиков (рисунок 1.4) на разгрузочной магистрали располагается передвижной бункер-перегрузчик, который принимает зерновой материал от комбайнов и загружает подошедшие транспортные средства [56,58,60,129].

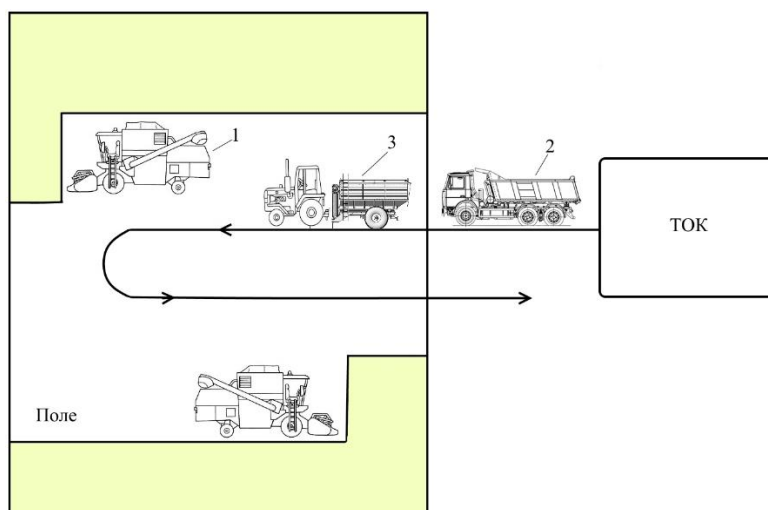


Рисунок 1.4 – Схема уборки зерна с использованием бункера-перегрузчика: 1 – зерноуборочный комбайн; 2 – транспортировочная техника; 3 – колесный трактор с бункером-перегрузчиком.

В одном из исследований представлены показатели использования времени

смены при различных способах отвозки зернового материала от комбайна (таблица 1) [110].

Таблица 1.1 – Показатели использования времени смены при различных способах уборки зерновых

№	Способы перевозки	Кол-во комбайнов в звене, шт.	Коэффициент использования времени смены	
			зерноуборочный комбайн	транспортное средство
1	Прямые перевозки	3...5	0,55...0,6	0,4...0,6
2	Комбитрейлерный способ	4...6	0,55...0,6	0,5...0,6
3	Бункер-перегрузчик	5...8	0,6...0,65	0,6...0,7
4	Порционный способ	5...7	0,65...0,75	0,7...0,75

Как видно из таблицы 1.1. от выбора способа уборки зерна зависит показатель использования времени смены транспортного средства и комбайна, что в свою очередь имеет важное значение для более полного использования потенциала техники и соблюдение требуемых сроков уборки.

1.2 Виды потерь урожая при выполнении уборочных работ в сельском хозяйстве

Научными исследованиями и практическим опытом земледелия давно доказано: уборка хлебов в течение первых 3-4 дней обеспечивает получение максимального объёма зерна наивысшего товарного качества, 5-й день уборочной страды даёт 3-4% потерь, в 11-й день теряется до 14-17% зерна, в 15-й – ещё 20-25%. Если уборочная кампания затянулась на месяц, количественные потери зерновых составляют 60% (качество тоже резко снижается) [95].

Важным резервом, увеличивающим производство зерновых, является минимизация причин, вызывающих потери зерна во время уборки. Все потери зерна во время уборочных работ можно классифицировать. Потери могут носить как прямой, так и косвенный характер. Прямые потери зерна основываются на количественных показателях урожая, косвенные потери – на качественных.

На количественные потери зерна влияют: техническое состояние комбайна, не

корректная наладка жатки и других агрегатов, технология уборочных работ, состояние хлебостоя, своевременность начала жатвы, мастерство механизаторов и многие другие факторы (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Причины и факторы, обуславливающие количество потерь и механических повреждений зерна при уборке

Объём косвенных потерь обуславливается дроблением, плющением, микроповреждениями зерна, что сказывается в дальнейшем на посевных, хлебопекарных, технологических качествах зерна [64,66].

Убыток зерна обуславливают три фактора: физиологические, механические, технические и технологические потери:

1. На физиологический вид потерь влияют биохимические процессы внутри спелых зерен. Влажные погодные условия активизируют гидролиз, что сокращает сухое вещество в зернах на 10-20% в сравнении с количеством, которое зерно имело на момент полного созревания [193].

2. Для механических потерь характерно осыпание зерна, обламывание соломины, полегание колосьев. Такие потери случаются из-за биологических особенностей зерновых, сроков жатвы, погодных условий накануне и в период уборки. Потери механического характера резко возрастают, если зерновые перезрели.

3. Ещё один вид потерь обуславливает не налаженная работа уборочной техники. Этот вид потерь самый распространённый и значительный. Оптимальные сроки и технология сбора зерна, оптимальная высота среза, правильное настраивание всех узлов уборочной техники, режим работы – решения, позволяющие минимизировать объём потерь. К техническим потерям относят также и потери во время транспортировки и обработки зерна на элеваторах. Для профилактики этого вида потерь большое значение имеет подготовительные мероприятия перед уборкой: готовят полевые дороги, производят ревизию транспортных средств, проверяют зерноочистительную и сушильную технику.

4. Отсутствие согласованности в работе техники приводит к тому, что рабочее время тратится впустую, следствием чего являются большие потери зерна при уборке. Комбайны, переполненные зерном, простаивают до 1/4 своего рабочего времени [131]. Грузовики стоят в очередях на выгрузку ещё дольше (до половины рабочего времени) [7]. Во время таких простоев комбайны и грузовики превращаются в зерновые хранилища, усиливая несогласованность в работе транспортных средств [59,61].

Согласно данным Российской академия сельскохозяйственных наук, российские хозяйства обеспечены уборочной техникой лишь наполовину. Износ «КАМАЗов» составляет 60% [102]. Многие сельхозпредприятия укомплектованы комбайнами, но испытывают дефицит грузовиков. Озабоченность этой проблемой не такая явная, если уборочные работы ведутся рядом с током. Но когда ток находится на значительном удалении, сильная несогласованность в работе комбайнов и грузовиков тормозит все рабочие процессы. Чтобы сэкономить время, водители грузовых машин заезжают на поле, что недопустимо из-за переуплотнения грунта (послед-

ствия этого проявятся в количественных и качественных показателях будущих урожаев)[184,196].

Один грузовик стоит порядка 3 млн рублей [102,179]. Именно поэтому хозяйства испытывают острую нехватку грузовиков. Их дефицит – первопричина несогласованности.

Минсельхоз подсчитал среднестатистический убыток зерна в РФ из-за недостатка сельскохозяйственных машин: этот фактор ведёт к ежегодной потере 10-15 млн тонн зерна в период уборочной кампании [67].

Несогласованность действий выражается в разных факторах: неизвестно время наполнения бункера; не определены места выгрузки комбайнов; не рассчитано, сколько времени занимает 1 рейс; с какой скоростью движутся комбайны и грузовики; сколько времени уходит на взвешивание грузовика; как долго по времени оформляются документы; сколько грузовиков необходимо для 1 комбайна; какой они должны быть грузоподъёмности и т.п.

Несогласованные действия ведут к перерасходу топлива, снижению скорости, созданию очередей, удлинению рабочих смен и сроков жатвенных мероприятий, самоосыпанию зерна, удорожанию урожая [130].

Пополнять автопарк новыми машинами нерентабельно, потому что транспорт эксплуатируется не больше 30 дней в год – в период уборки урожая. Поэтому целесообразно качественно использовать уже имеющуюся технику [197]. Если грузовики простаивают до половины своего рабочего времени (то есть эксплуатируются на половину своих мощностей), то, отыскав способ работы грузовых машин в полную силу, можно уменьшить их потребность вдвое. Существующие способы предполагают согласование работы комбайнов и грузовиков путем использования сигнального маячка на комбайне, который включается в момент наполнения бункера на 75 процентов. Недостатком данного способа является отсутствие возможности подать транспортное средство в момент полного заполнения бункера. Выбор места подачи транспортного средства носит субъективный характер, что приводит к неполной загрузке

бункера комбайна перед выгрузкой (от 75 до 95 процентов) или простою комбайна с полным бункером в ожидании транспортного средства для выгрузки.

Годами в хозяйствах формировалось убеждение в том, что выгрузку бункеров необходимо осуществлять только после полного их заполнения. Такое решение казалось оправданным, ведь нехватка транспортных средств в хозяйствах очевидна. Это привело к неопределённости мест выгрузки.

В период жатвы производительность большинства комбайнов и грузовиков не превышает 70%. Простаивая в ожидании выгрузки зернового материала, они становятся «складами на колёсах». Один комбайн способен обрабатывать, в среднем, по 3 га в час (или по 30 га в день). В результате простоя площадь обработки сокращается до 24-25 га [131].

Простой представляет собой вынужденное прерывание работы. Причинами простоя не являются: эксплуатационные правила, технологические требования или особенности организации уборочных работ. Простоями называют любые остановки техники в то время, когда машинам по всем предписаниям необходимо работать.

Простои измеряются недобором зерна, срывом сроков уборочных работ, падением качества зерна, повышением общей себестоимости урожая. Простои недоиспользуют не только агрегаты, но и людей, которые находятся на работе, но не работают, и время их простоя должно быть оплачено [32].

Постоянное простаивание техники затягивает уборочные работы. Вынужденный простой уборочных машин обуславливает не только большие потери зерна, но и удорожание собранного урожая. И наоборот: уменьшение простоев активизирует уборочные работы и экономит затраты. Следует также учитывать разницу в стоимости часа простоя разной техники [47].

Есть несколько вариантов решения этой причины потери зерна:

1. Использование бункера-перегрузчика. В то время, как грузовики едут на ток для выгрузки зернового материала, комбайны могут выгружать зерновой материал в бункер-перегрузчик и затем продолжать работать; вернувшиеся грузовики наполня-

ют кузова зерновым материалом из бункера. Простой комбайнов в этом случае сокращаются до минимума, а производительность повышается до 90-95% [131]. Преимуществом является и тот факт, что грузовики, загружаясь в бункере, перестают курсировать по полям, утрамбовывая грунт. Ранее загрузка грузовика отнимала около 20 минут. Наличие этой техники сокращает время загрузки до 3 минут [102]. Это позволяет вдвое сократить количество грузовых машин [164].

2. Использование выгрузки «на ходу». Выгружать зерновой материал на ходу – новая современная технология, которую осваивают механизаторы, заключается в выгрузке зернового материала комбайном во время движения в рядом едущее транспортное средство.

3. Применение рукавного хранения зернового материала. Крытые хранилища и элеваторы – дорогостоящее вложение. Тогда как хранение 1 тонны зернового материала по «рукавной» технологии обойдётся в 150 руб. Пластиковые рукава устанавливают непосредственно на полях, создавая вместительные склады. Хранить зерновой материал в рукавах можно в разных климатических зонах в течение года и дольше. Один рукав площадью 1 га вмещает 5000 т зернового материала [131]. В рукава осуществляют закладку как сухого, так и влажного зернового материала.

4. Максимально точное прогнозирование жатвенных мероприятий (прогноз погодных условий, прогноз состояния хлебов, прогноз сроков достижения спелости, определение дат уборки, количество и состояние уборочных машин, планирование повышения квалификационных качеств агрономов и механизаторов [65,160,161,162].

5. Контроль динамики наполняемости зерновым материалом бункера комбайна в режиме реального времени и передача этой информации водителю транспортного средства для принятия им своевременного решения о месте и времени подачи транспортного средства.

Ещё одной причиной потери зерна является неправильное закрепление транспорта за комбайнами без учета емкости бункера и грузоподъемности кузова. Если правильно подобрать зерноуборочную технику, можно добиться существенного

снижения потерь зерна. Выбирая комбайн, учитывают: емкость бункера, грузоподъемность кузова, урожайность культур, расстояние от полей до тока и другие факторы.

Выбирать агрегат необходимо ещё при покупке, с пониманием тех задач, которые надо будет решать:

1. Роторный комбайн предназначен для уборки кукурузы, использование его для сбора зерновых (в особенности влажных масс или засоренных сорняками) дает не очень хорошие результаты.

2. Барабанный комбайн предназначен для уборки зерна, использование его для сбора кукурузы быстро изнашивает детали комбайна, участит поломки, простои из-за ремонта, сократит срок службы машины.

3. Гибридный комбайн с барабанным обмолотом и роторной сепарацией являются универсальными агрегатами, которые позволяют убирать разные культуры с незначительным переоборудованием [133].

Современная уборочная техника отличается разной пропускной способностью молотилок, но часто они используются в 2-3 раза ниже своих рекомендованных мощностей [165].

Большинство комбайнов работает со средней рабочей скоростью в 2 раза меньше рекомендованной. Устоялось мнение, что тихий ход комбайнов улучшает вымолот и сокращает потери. Однако, с другой стороны, снижение скорости агрегата растягивает уборочный период с нормативных 10 дней до 40. Последствием этого является не только половинный убыток зерна, но и сбой целостного полевого конвейера.

Настройка комбайна на минимальные потери зерна при уборке включает примерно 50 различных параметров, 10 из которых должны быть под постоянным наблюдением. Даже самые современные комбайны не обеспечат хороших результатов, если использовать их неумело [98].

Есть множество других причин, которые в большей или меньшей мере влияют

на объём потерь: величина уборочных площадей, объём выращенного урожая, своевременность начатой жатвы, состояние земли, длина гонов, конфигурация уборочных участков, состояние полевых дорог, подготовка техники и элеваторов, количество и изношенность машин, квалификация механизаторов, опыт работы людей, их самодисциплина, своевременная разгрузка бункеров, динамика уборочной кампании, укомплектованность людьми, отлаженность всех звеньев цикла, отклонения от технологии сбора, не оптимально подобранный срез, климат, изменчивая погода, невозможность завершить уборку, недостаток площадей для хранения и последующие потери зерна при хранении (из-за прорастания, размножения микроорганизмов, перегревания, нашествия грызунов, просыпания, распыления) [120].

Самым частым и значительным видом потери зерновых при сборе урожая являются нарушения работы уборочной техники во всех проявлениях: от несогласованности работы комбайнов и грузовиков, неправильного подбора емкости бункера и грузоподъемности кузова до простоев в ожидании выгрузки и неопределенных мест выгрузки [35,76,101].

1.3 Анализ развития процессов автоматизации и информатизации сельского хозяйства

Для увеличения эффективности производственных процессов агропромышленного комплекса, во многих хозяйствах используют комплексную высокотехнологическую систему сельскохозяйственного менеджмента, называемую точным земледелием. Точное земледелие направлено на увеличение точности и контроля процессов, связанных с растениеводством и животноводством. Ключевым компонентом этого подхода к управлению фермой является использование информационных технологий и широкий спектр элементов, таких как системы глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС), системы управления, датчики, робототехника, беспилотные

летательные аппараты, автономные транспортные средства, автоматическое оборудование, телематика, программное обеспечение и др. [85,160,161].

Концепция точного земледелия впервые появилась в Соединенных Штатах Америки (США) в начале 1980-х годов. В это время также появилась практика построения электронной сетки на карте (с использованием фиксированной сетки одного образца на гектар). К концу 1980-х годов эта методика использовалась для получения первых рекомендательных карт для внесения удобрений и корректировки уровня водорода. С тех пор использование датчиков, разработанных на основе новых технологий, в сочетании с появлением GPS-приемников, стало привычным явлением. Сегодня такие системы охватывают несколько миллионов гектаров.

Во всем мире точное сельское хозяйство развивалось в разном темпе. Первыми (помимо США) были, Канада и Австралия, за ними Европа и Великобритания, далее следовала Франция, где оно впервые появилась в 1997-1998 годах. В Латинской Америке (ведущей страной является Аргентина) точным земледелием занялись в середине 1990-х годов при поддержке Национального института сельскохозяйственных технологий. Бразилия учредила государственное предприятие «Embrapa» для исследования и развития точного земледелия в сельском хозяйстве. Развитие систем спутникового мониторинга способствовало закреплению точного земледелия в системе элементов управления сельским хозяйством.

Основные направления которыми занято точное земледелие:

- технологические, необходимое для сокращение времени расходуемого на сельскохозяйственные операции (планирование работ с использованием компьютерных технологий);
- технические, направленные на создание новых машин (беспилотные трактора, летательные дроны и др.)
- агрономические, способствующие оптимизации внесения удобрений, посадки семян и др.;

- экологическое, нацеленное на уменьшение вредного воздействия на окружающую среду (точная оценка потребности сельскохозяйственной культуры в азотных удобрениях и др.) [155,156,162].

Еще одним из плюсов точного земледелия является возможность хранить записи и истории полевых работ и урожаев, что может положительно повлиять на принятие последующих решений и послужить материалом для написания отчетности.

Продолжением идей точного земледелия, стало умное сельское хозяйство (smart farming) [87]. Которое является интеллектуальной системой, осуществляющей анализ и сбор данных сельскохозяйственных предприятий, через интернет и облачные платформы. Интернет вещей (IoT) вводят в передовые технологии во всех социальных и производственных секторах общества [13]. IoT превратился в один из ключевых моментов для идеи о том, что компьютеры, машины, оборудование и устройства всех типов связаны друг с другом, обмениваются данными и синхронизируются различными способами, которые позволяют им работать в качестве так называемой «умной» системы. Мы уже используем технологии IoT во многих отношениях, например, умные домашние устройства и цифровые помощники, интеллектуальные фабрики и интеллектуальные медицинские устройства [15].

Ключевыми технологиями, стимулирующими рыночный спрос в умном сельском хозяйстве, являются:

- биометрия животноводства: RFID, биометрия и GPS способствуют автоматическому получению информации о состоянии животных в режиме реального времени;

- датчики состояния инфраструктуры: эти датчики используются для мониторинга состояния зданий, фабрик, ферм и другой инфраструктуры. В сочетании с интеллектуальной сетью датчики состояния инфраструктуры передают информацию команде обслуживания в режиме реального времени;

- сельскохозяйственные роботы: используются для автоматизации сельскохозяйственных процессов, таких как вспашка, посев, орошение, прополка, сбор урожая и др.

Современные компьютерные и мобильные технологии способствуют созданию инновационных сервисов и приложений, которые используются во всей сельскохозяйственной цепочке создания продукта [128].

Приложения типа «машина-машина» (M2M) активно внедряются в сельскохозяйственный сектор. Они позволяют фермерам контролировать оборудование, оценивать воздействие на окружающую среду, на производство, точно управлять животноводством и сельскохозяйственными культурами, а также отслеживать тракторы и другие сельскохозяйственные машины. M2M является неотъемлемой частью IoT, которая описывает положение множества устройств и машин, подключенных к Интернету через несколько сетей[137,138,139].

Трактор является неотъемлемой частью любого аграрного предприятия и применяется для решения множества различных задач в зависимости от типа фермы и конфигураций его вспомогательного оборудования. По мере развития автономных технологий вождения, тракторы, как ожидается, станут одними из самых ранних машин, которые будут преобразованы.

На ранних этапах развития этих технологий, машины не смогут быть полностью автоматизированными и будут нуждаться в обслуживающем персонале, который понадобится для создания полевых и пограничных карт, программирования лучших полевых путей и определения других условий эксплуатации. Машины также будут нуждаться в регулярном ремонте и техническом обслуживании.

Посев семян был когда-то трудоемким ручным процессом. Улучшению этого процесса способствовало появление посевных машин, которые могут засеивать большие площади намного быстрее, чем человек. Однако они часто используют метод рассеивания, который может быть неточным и расточительным, когда семена выходят за пределы оптимального местоположения. Для эффективного посева тре-

буется контролировать две переменные: глубину посадки семян и расстояние между растениями. Точное посевное оборудование предназначено для максимального увеличения этих переменных. Данные датчиков с детализацией качества почвы, плотности, влажности и уровня питательных веществ требует большой обработки данных, и их точная обработка будет способствовать прорастанию и росту семян, что приведет к увеличению урожая [16,18,19].

Подповерхностное капельное орошение (SDI) уже является распространенным методом орошения, который позволяет фермерам контролировать количество воды необходимое растениям. Совмещая системы SDI со все более сложными датчиками с поддержкой IoT, появляется возможность постоянного контроля уровня влажности и здоровье растений в автономном режиме (вмешательство фермера происходит только тогда, когда это необходимо). В то время как современные системы часто требуют, чтобы фермер вручную проверял линии и контролировал насосы, фильтры и датчики, будущие фермы могут подключать все это оборудование к датчикам, которые передают данные мониторинга непосредственно на компьютер или смартфон [86].

Хотя системы SDI не являются точно роботизированными, они могут работать полностью автономно в рамках умной фермы, опираясь на данные датчиков, расположенных вокруг полей, для выполнения орошения по мере необходимости.

Прополка и борьба с вредителями являются важными аспектами ухода за растениями. Большинство задач, связанных с этим, идеально подходят для автономных роботов. Уже разработано несколько прототипов, в том числе BoniRob от Deerfield Robotics и автоматизированный культиватор, который является частью исследовательской инициативы UC Davis Smart Farm .

Робот BoniRob может автономно перемещаться через полевые культуры с помощью видеокамеры и спутниковой навигационной системы. Его разработчики используют машинное обучение, чтобы научить BoniRob идентифицировать сорняки перед их удалением. Благодаря передовому компьютерному обучению и искус-

ственному интеллекту (AI), интегрированному в будущем, такие машины могут полностью заменить ручной труд человека [21,24,25].

Прототип UC Davis работает несколько иначе. Их культиватор буксируется за трактором и оснащен системами визуализации, которые могут идентифицировать флуоресцентный краситель, которым покрывают семена при посадке, и который переносится на молодые растения по мере того, как они прорастают и начинают расти. Это позволяет машине осуществлять сортировку сельскохозяйственной культуры и сорняков, выбирая растение без флуоресцентного красителя.

Эти роботы и другие, подобные им, не будут работать изолированно на фермах будущего. Они будут подключены к автономным тракторам и IoT, что позволит выполнять сельскохозяйственные операции практически без вмешательства человека.

В настоящее время в производстве сельскохозяйственной продукции используются самые разные машины для сбора урожая, многие из которых пригодны для автоматизации в будущем [140,141,142,143].

Сельскохозяйственные комбайны должны в первую очередь получить системы автопилотирования для перемещения по полям. Это возможно при добавлении более сложных технологий с датчиками и связью IoT. В данном случае важной функцией станет контроль динамики наполняемости бункера комбайна, это позволит осуществлять своевременную и точную подачу автотранспорта, не даст комбайну перегружаться и выгружать неполный бункер, что приведет к повышению его производительности [14,17,98,99].

Также эти технологии можно применить к более деликатной уборке урожая, такой как сбор фруктов с деревьев или овощей с грядок. Инженеры работают над созданием правильных роботизированных компонентов для этих сложных задач, таких как робот Panasonic по сбору томатов, который включает сложные камеры и алгоритмы для определения цвета, формы и местоположения томатов, способные определить его зрелость. Этот робот выбирает помидоры со стебля, нанося повреждение,

поэтому инженеры пытаются создать роботизированные захваты, которые будут способны собирать фрукты и овощи, не портя их при этом.

Другим прототипом для сбора фруктов является робот-сборщик яблок с вакуумным захватом от Abundant Robotics, который использует компьютерное зрение, чтобы найти яблоки на дереве и определить, готовы ли они к сбору урожая.

Это всего лишь несколько из десятков перспективных роботизированных конструкций, которые вскоре возьмут на себя сбор урожая.

Ожидается, что внедрение дронов в рамках системы автоматизации и контроля будет пользоваться большим спросом в ближайшее время. Предполагается использование одного из двух типов дронов, гибридных или с неподвижное крылом. Неподвижные беспилотные летательные аппараты состоят из жесткого крыла, имеющего заданный аэродинамический профиль, полет осуществляется за счет вращения пропеллера, которое создается при помощи электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания. Гибридные дроны летают при помощи лопастей, которые вращаются вокруг неподвижного корпуса, что позволяет им летать в любом направлении, а также парить в одном месте. Гибридные дроны могут оставаться в полете в течение многих лет подряд, поскольку они работают на нескольких источниках энергии. Солнечные батареи, установленные на крыльях гибридных дронов, обеспечивают подзарядку во время полета. Кроме того, высокие достижения в области технологий визуализации, доступность различных камер, позволяет захватывать не только стандартные видеографические и фотографические изображения, но и делать инфракрасную, ультрафиолетовую и даже гиперспектральную визуализации. Также увеличилось разрешение изображений по всем этим методам визуализации, а значение «высокого разрешения» продолжает расти.

Все эти различные типы изображений позволяют фермерам собирать более подробные данные, чем когда-либо прежде, создавая возможности для мониторинга здоровья сельскохозяйственных культур, оценки качества почвы и планирования посевных площадей для оптимизации ресурсов и землепользования. Возможность ре-

гулярного проведения этих полевых исследований улучшает планирование посадки семян, ирригацию и картографирование местоположения как в 2D, так и в 3D. Со всеми этими данными фермеры могут оптимизировать каждый аспект управления землей и сельскохозяйственными культурами.

Использование дронов в сельскохозяйственной сфере не ограничивается только их применением в качестве камер, с их помощью можно совершать такие технологические операции, как посев и распыление. Например, несколько компаний и исследователей работают над беспилотными летательными аппаратами, которые могут при помощи сменных капсул вносить семена, удобрения и питательные вещества непосредственно в землю.

DroneSeed и BioCarbon - это две такие компании, каждая из которых разрабатывает беспилотные летательные аппараты, которые могут нести модуль, сажающий семена деревьев в землю в оптимальных местах. Несмотря на то, что в настоящее время разрабатываются проекты по лесовозобновлению, нетрудно представить, что модули могут быть переконфигурированы в соответствии с различными сельскохозяйственными задачами. С помощью IoT и программного обеспечения множество беспилотных летательных аппаратов могут совершить точный посев в идеальные условия для роста каждой культуры, создавая условия для более быстрого роста и более высокого урожая.

Таким образом, в скором времени произойдет полный переход сельского хозяйства к интеллектуальным фермам, которые будут иметь встроенные датчики на всех этапах сельскохозяйственных процессов. Датчики, установленные на разных полях, будут собирать данные по уровням освещенности, условиям почвы, орошению, качеству воздуха и погоде. Эти данные вернутся к фермеру или непосредственно к беспилотным машинам в поле. Команды роботов будут проходить по полям и работать автономно, для обеспечения потребности сельскохозяйственного рынка, а также выполнять прополку, полив, обрезку и сбор урожая, руководствуясь их собственным набором датчиков, навигацией и данными об урожае. Дроны будут летать

над полем, получая данные о здоровье растений и почвенные условия, или создавая карты, которые будут направлять роботов, и помогать фермерам планировать дальнейшие шаги развития своего хозяйства. Все это поможет увеличить эффективность сельскохозяйственной отрасли, а также повысить доступность и качество продуктов питания.

1.4 Методы контроля сельскохозяйственных процессов на основе спутникового мониторинга

Основой для умного сельского хозяйства и точного земледелия послужили спутниковые навигационные системы. В настоящее время на рынке представлены различные решения для мониторинга автотехнических и автотранспортных средств, хотя повсеместно используются только два из них. Для обеспечения совместимости систем, разработанных в разных странах, были сформированы две организации, решающие вопросы стандартизации на мировом и европейском уровнях. В первом случае этим занимается Международная организация стандартизации ISO, а во втором – Европейский комитет по стандартизации CEN [31]. Вследствие этого, комплектное содержание любой системы мониторинга можно представить в виде четырех основных единиц: радио спутники, подающие специальные сигналы (их количество обычно не превышает 30); блоки, измеряющие текущее положение спутников и осуществляющие обмен информацией с ними; оборудование, предназначенное для определения текущих координат, т.е. навигатор; дополнительные системы, повышающие точность радиосигналов и определения координат. К таким системам можно отнести наземные контрольные станции и геостационарные спутники. Среди всех систем наиболее известными являются разработки ученых из России, США и Франции.

Система мониторинга, разработанная в России, является одной из двух всемирных навигационных систем. Она получила название ГЛОНАСС (Глобальная

Навигационная Спутниковая Система) [187], а ее разработка началась еще в СССР, в 80-е годы, но была приостановлена из-за распада Советского союза. В новом виде система была принята в работу в 2001 году, после утверждения на законодательном уровне указом президента России №658 «Национальная программа возрождения системы ГЛОНАСС». За указом последовало принятие нормативных документов, определяющих полномочия органов исполнительной власти на использование системы, а также был зафиксирован перечень технических средств и систем, подлежащих оборудованию аппаратурой спутниковой навигации [147].

Помимо отечественной, на рынке также широко представлены зарубежные разработки. Их главной отличительной чертой является применение технологии автоматизации управления техническим средством. Самой распространенной в России системой является AMS от John Deere [112]. Однако применение такой системы возможно только при наличии специального дорогостоящего оборудования, из-за чего данная система не получила в России широкого распространения в сфере сельского хозяйства.

Бюджетным вариантом системы мониторинга зарубежного производства является американская разработка NAVSTAR GPS, более известная сейчас просто как GPS (Глобальная Система Позиционирования) [10]. Данная система является второй из известнейших систем спутниковой навигации и изначально она разрабатывалась для использования военной отраслью США, но в виду простоты функционала и использования, получила широкое распространение не только в России, но и за рубежом.

Следующей по популярности системой спутниковой навигации является французская разработка DORIS [80]. Но из-за малого количества используемых спутников и отсутствия адаптивности на русский язык в России данная система почти не представлена.

Существуют еще множество навигационных систем, не получивших распространение, разработанные учеными из России, Европы, Индии, Китая, Японии и дру-

гих стран. В международной номенклатуре все эти наработки получили название GNSS (Global Navigation Satellites System (англ.) – Глобальная Навигационная Спутниковая Система) и используются чаще локально, либо находятся в разработке. Глобальной же навигационной системой по всему миру остается NAVSTAR GPS или просто GPS [188,189,191,194,195].

Система глобального позиционирования включает в себя три сегмента: космический (спутники), контрольный (наземные станции) и пользовательский (GPS приборы) рисунок 1.6.

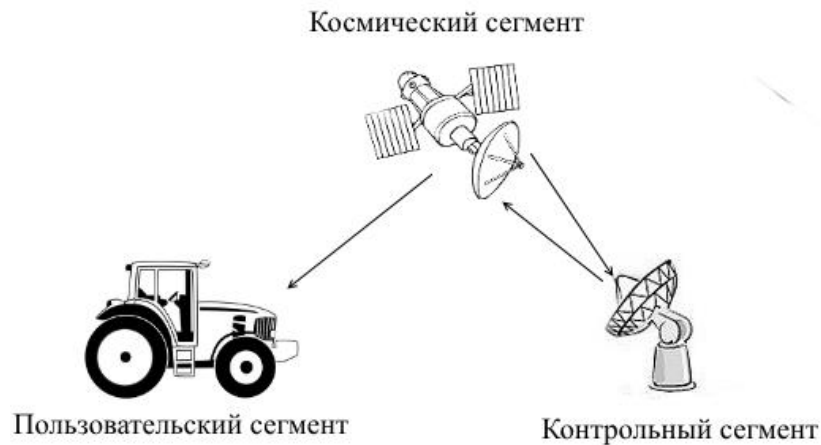


Рисунок 1.6 - Основные сегменты системы глобального позиционирования

Работа GPS приемника основана на определении своего местоположения, при помощи нахождения расстояний до спутников. Оно равно произведению скорости передаваемого сигнала (скорость света) на время, требуемое на прохождение сигнала от спутника до GPS навигатора.

Точность определения местоположения с помощью GPS находится в пределах от 5 до 30 метров, что абсолютно недопустимо для более узких задач агропромышленного комплекса, требующих высокой точности. Для решения этих задач применяют систему DGPS (дифференцированная система глобального позиционирования) (рисунок 1.7). Ее основное отличие от GPS заключается в наличии стационарных контролируемых станций с известными координатами[22,105,107].

В этих станциях находится GPS приемник, принимающий сигналы со спутни-

ков. Происходит сравнение полученных данных с фактическим расстоянием до спутников. Их разницы показывают ошибки спутниковых сигналов (дифференциальную коррекцию). Рассчитанные данные отправляются на DGPS приемники и обеспечивают коррекцию GPS в режиме реального времени [4,47,53,186].



Рисунок 1.7 – Обобщенная структурная схема DGPS

DGPS сервисы можно разделить на бесплатные и платные (требующие абонентской платы).

В настоящее время существует три бесплатные системы, но лишь одна из них захватывает европейскую часть территории России, называется она EGNOS (европейская геостационарная служба навигационного покрытия). Точность такой системы составляет в среднем несколько метров.

Из платных сервисов стоит выделить OmniSTAR, его достоинством является отсутствие прямой зависимости между расстоянием до базовой станции и точностью. Это происходит при помощи использования широкодиапазонного метода, благодаря которому пользователь получает поправки одновременно со всех базовых станций. Точность этой системы составляет порядка 10 см [106,108].

Таким образом, использование систем DGPS, можно использовать при прове-

дении любых сельскохозяйственных работ, требующих высокой точности. Это может послужить источником новых технических и технологических открытий для точного земледелия.

Использованием данных навигационных систем в АПК занимается компания «ТехноКом»[136], представленная несколькими компаниями, объединенными общей производственной целью. Данный производитель является российским лидером в области разработки и производства мониторинговых систем на отечественном рынке. «ТехноКом» занимается исследованием и разработкой уникальных и инновационных программ, адаптируемых под самые распространенные в России терминалы серии «АвтоГРАФ». Данное решение позволяет эффективно использовать системы спутникового мониторинга не только на производстве, но и среди гражданских лиц. Предоставляемые компанией «ТехноКом» услуги активно используются российскими агропромышленными комплексами. Примером того может служить группа компаний «Агрокультура», которая занимается сельскохозяйственным производством в Центрально-Черноземном регионе России, в частности в Воронежской, Тамбовской, Липецкой и Курской областях.

Внедрение этой системы позволяет диспетчерам отслеживать положение транспорта, высчитывать фактический расход топлива и сравнивать его с реальным, отслеживать выгрузки вне геозоны т.е. с помощью «АвтоГраф» определяется рабочее положение и положение во время выгрузки выгрузного шнека зерноуборочного комбайна и находящаяся рядом с ним машина. Эта информация позволяет определить какая машина была рядом с комбайном во время выгрузки, что делает возможным снизить количество несанкционированных выгрузок в чужие машины.

В агропромышленной структуре России существуют свои особенности, присущие только этой области, в связи с чем мониторинг АПК включает в себя не только непрерывное наблюдение за состоянием сельского хозяйства и его технических и производственных единиц, но и анализ информации по выявлению негативных факторов производства и развития, для принятия мер по их устранению. В первую очередь

это необходимые условия для успешного функционирования АПК [63,125,155, 183,185,192].

1.5 Анализ технических средств для контроля перевозимого зерна во время уборки урожая

Традиционной составляющей функционирования зерновой отрасли сельского хозяйства на протяжении длительного времени является учет полученного урожая. Для этого на предприятиях на протяжении долгого периода используются весы [180].

Одними из распространенных весов, остаются стационарные автомобильные грузовые весы (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 - Электронные автомобильные весы для стационарного взвешивания: 1- платформа автомобильных весов; 2 – транспортное средство.

Они могут находиться в местах, связанных с регулярными или сезонными транспортными потоками [89]. В таких автовесовых транспортное средство дважды подлежит взвешиванию – до загрузки и уже после ее осуществления. Таким образом, разница между двумя показателями засчитывается как масса нетто [84]. Стационарные механические автомобильные весы, в свое время, устанавливались на подземный бетонный фундамент, размещенный под навесом или в помещении. Неотъемле-

мыми составляющими таких весов, кроме грузоприемной платформы, были рычажная система, промежуточный механизм и циферблат для визуального отсчета.

На первый взгляд, взвесить свой урожай «по-старому» может дешевле обойтись собственнику зерна. В то же время, он рискует получить заметные потери, связанные с ведением неточного учета, случаями умышленного обмана, влиянием на приборы нестабильных метеорологических характеристик и условий. Среди плюсов этой конструкции следует отметить изготовление прибора из материалов, гарантирующих длительный срок эксплуатации. С другой стороны, следует вести речь об очевидной технической и моральной отсталости такого типа взвешивания, довольно таки заметной погрешности измерения (особенно, в сравнении с электронным аналогом). Учитывая средневзвешенный возраст таких весов по Российской Федерации, их ремонт выглядит как проблемным (поиск деталей, отсутствие специалистов), так и недешевым.

В наше время, на рынке АПК существуют тенденции отказа от этого типа взвешивания и появления услуг по реконструкции механических автовесов. Так, компания «ВесЭксперт» среди ассортимента своих услуг предлагает переделать устаревшее оборудование с установлением электроники и дальнейшим продлением срока эксплуатации весовой [124]. Среди услуг фирмы есть опции предоставления «новой жизни» путем замены рычажной системы на тензометрию. В результате проделанных манипуляций, 15-ти тонные механические автомобильные весы смогут взвешивать грузы до 20-ти тонн, 25-30-ти тонные увеличат грузоподъемность до 40-60 т. Хотя следует понимать, что цена металла, потраченного на удлинение платформы, бетона для доливки опорных тумб и котлована, тариф, как на само новое электронное оборудование, так и стоимость монтажных работ, в некотором роде ставят под сомнение обоснованность такого шага. При этом, даже сам производитель признает факт экономической нецелесообразности модернизации средних и больших автовесов. Потому что, ее себестоимость будет выше цены установки нового оборудования.

Можно с уверенностью утверждать, что на сегодняшний день едва ли не самым распространенным способом учета собранного урожая является использование платформенных электронных автомобильных весов [115]. К их безусловным преимуществам следует отнести точность и минимальную погрешность в измерениях. Более точный учет обеспечивают сокращение потерь, возможность взвешивания большого потока автомобилей с серьезными осевыми нагрузками, возможность длительного использования такой конструкции [36].

С другой стороны, этот способ контроля урожая не лишен определенных недостатков. Во-первых, монтаж стационарной конструкции предусматривает как занятие сравнительно большей площади, так и существенные финансовые затраты, которые покроют материалоемкую и тяжелую доставку. Кроме того, к такому объекту выставляются повышенные требования относительно сооружения фундамента и установки датчиков. Кроме недешевой установки, дополнительные расходы связаны с его дороговизной, долговременной эксплуатацией и ежегодным сервисным обслуживанием. Таким образом, точность измерения и многолетняя надежность комплекса диссонирует с громоздкостью и немобильностью конструкции, большой стоимостью установки и дальнейшей эксплуатации оборудования.

Кроме того, для стационарного платформенного взвешивания характерны различные ухищрения, применяемые работниками. Среди таких комбинаций, в первую очередь, нужно вспомнить манипуляции с весом тары автомобиля. В этом случае при первичном взвешивании грузовик искусственно утяжеляется за счет различного балласта – дополнительных шин (иногда их утяжеляют мешками с песком), баков с водой и так далее. На полученную разницу осуществляется хищение. Зачастую, такие искривления происходят как со стороны представителей элеватора, так и со стороны клиентов, которые привозят зерно. Другим существенным недостатком такого типа весов является возможное искажение показаний, осуществляемое третьими лицами при помощи радиотехнических средств.

Более мобильным и современным способом контроля и учета собранного зерна

обладают большегрузные механические бункеры-перегрузчики (рисунок 1.9) [29].

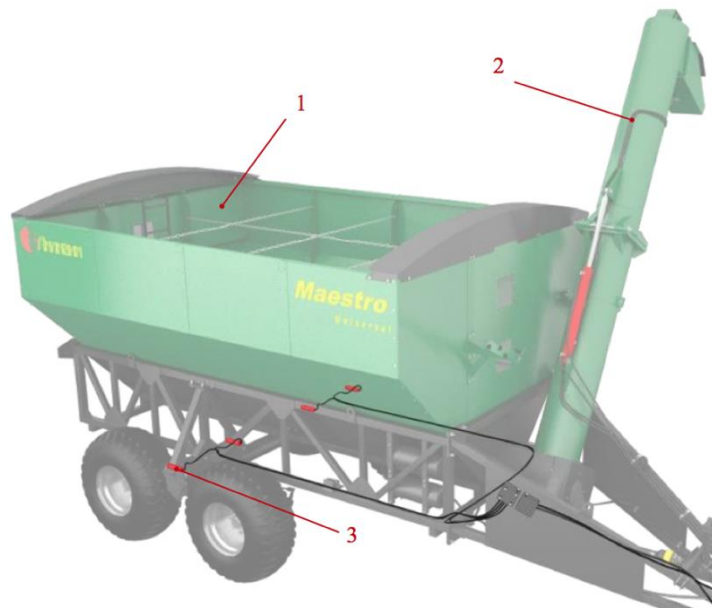


Рисунок 1.9 – Бункер-перегрузчик: 1 – бункер; 2 – выгрузной шнек; 3 – тензодатчик.

Они оборудованы встроенной системой взвешивания [27]. Это, в свою очередь, дает возможность измерить загружаемые объемы зерновых там, где использование стационарных весов невозможно, то есть во время уборки урожая непосредственно на поле. Точность взвешивания обеспечивают четыре встроенных тензодатчика 3. Использование такого метода позволяет осуществить быстрый переход на трехзвенную систему уборки зерновых (комбайн – бункер-перегрузчик – автомобиль-зерновоз) [28].

Таким образом, эта модель имеет явное логистическое превосходство в сравнении с предыдущей. Она позволяет сэкономить время и снизить расход ГСМ, связанные с необходимостью посещения автовесовой. Кроме того, среди явных преимуществ «авточелноков» следует отметить сокращение количества техники на полях, уменьшение срока простоя комбайнов во время ожидания грузовых автомобилей.

С другой стороны, на сегодняшний день можно заметить очень слабое распространение на российских просторах использования этого подхода, что, скорее всего,

связано с высокой стоимостью бункеров-перегрузчиков.

Не следует также забывать и об угрозах, которые таит в себе способ безостановочной уборки и выгрузки урожая. Речь идет об ощутимых технологических проблемах, которые возникают в связи с перегрузкой зерна в бункер во время продолжения хода комбайна [166]. Во-первых, даже сам процесс приближения и подстройки движения друг под друга двух вышеназванных машин является довольно непростым. Существуют опасения повреждения жатки или прицепа, опасения сохраняются даже в случае соблюдения правильного расстояния. Безостановочная механизированная уборка урожая применялась еще во времена Советского Союза, однако и тогда главные сложности связывались с подстройкой синхронного движения двух сельхозмашин. В связи с боязнью водителей приблизить один к другому свои машины на экстремальное и недопустимое расстояние, на практике они существенно сбрасывали скорость, моментами переходя к фактической остановке. В таком случае, полностью терялся смысл идеи безостановочной уборки. Избежать этого можно при очень высокой личной квалификации операторов обеих машин. Также следует отметить, что предложенный при условии использования такого способа выгрузки зернового материала «рваный темп», отнюдь не выглядит весьма полезным при уборке урожая. Так, это может привести как к появлению неравномерности срезания зерновых, увеличению дробления поля на неравномерные участки, так и непосредственно к потерям зерна.

В случае зернового и некоторых других видов производства (заготовление кормов, добыча сырья в карьерах и т. д.) часто случается изменение траектории транспортных потоков. Бывает, что места загрузки и выгрузки располагаются на большом удалении друг от друга. Такая ситуация в значительной мере затрудняет возможность регулярного и экономически обдуманного использования стационарных электронных автомобильных весов.

В этом случае альтернативой выступают автомобильные бортовые весоизмерительные системы (рисунок 1.10).

Среди прочего, они связаны с установлением тензорезисторных датчиков 3, которые служат для измерения силы, действующей на ось автомобиля [75].

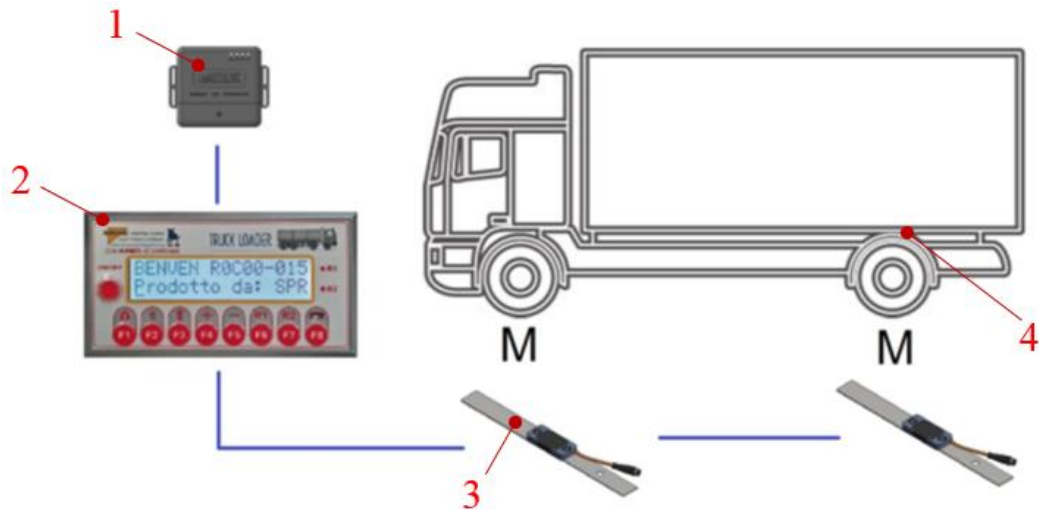


Рисунок 1.10 – Бортовая система взвешивания: 1 – FOIL датчик; 2 – экран; 3 – тензодатчик; 4 – место установки тензодатчика на транспортное средство

Существенным их недостатком являются как особенности, так и сам факт монтажа тензодатчиков на уже эксплуатируемые грузовики. Существующая схема установки датчиков типа «ось» обуславливает выбивание осей опрокидывания. Проблем удастся избежать только во время первичной заводской сборки автомобиля. В противном случае – монтаж не только может занять ощутимый временной интервал, но и возрастает риск перекоса гидроцилиндра, что вскоре может привести как к повышенному износу механизма, так и к непосредственному выходу его из строя. В принципе, этих последствий можно избежать, если вместо гидроцилиндра вдобавок к двум датчикам типа ось установить два дополнительных датчика сжатия. Такие меры действительно повышают как долговечность, так и точность измерений. С другой стороны, это также ведет к значительному усложнению монтажных работ и возрастанию финансовых затрат.

В последнее время все большую актуальность приобретает установка и дальнейшее использование систем взвешивания массы нетто непосредственно на борту

зерноуборочных машин [122]. Для этого в серию некоторыми российскими производителями были запущены датчики контроля сыпучих материалов. Осуществление спутникового мониторинга сельскохозяйственного транспорта является одним из наиболее новаторских методов контроля и учета собранной аграрной продукции. Например, в основу работы датчика «Эскорт ДБ-2» (рисунок 1.9) положен принцип, с помощью которого осуществляется наблюдение за уровнем зернового материала [78].

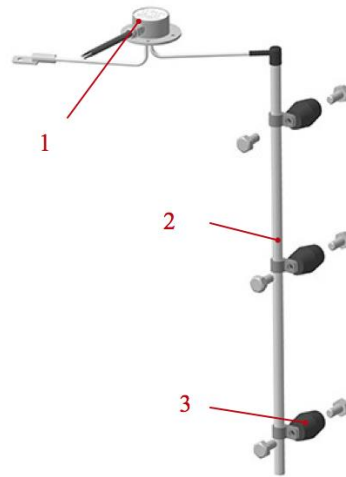


Рисунок 1.11 – Система определения уровня сыпучих продуктов на базе датчика Эскорт ДБ-2: 1 – датчик Эскорт ДБ-2; 2 – стальная трубка; 3 – емкостный датчик

Кроме, собственно, емкостного измерителя наполненности бункера, есть дополнительный дискретный сигнализатор. С его помощью удастся следить за показателями влажности зерна при очередной загрузке урожая. Названные устройства осуществляют контроль уровня зернового материала в сборной емкости (в данном случае – бункер зерноуборочного комбайна). В случае превышения фиксированного объема подается сигнал.

Такая система обладает важным преимуществом для аграриев, которые оперативно хотят продать произведенную ими сельхозпродукцию, учитывая реальный риск «подкручивания» весов на зерновых элеваторах и токах. Для недопущения подобных махинаций фермерам нужно иметь для сравнения другой показатель, а

именно тот, который может быть известен благодаря использованию специальных датчиков в комбайне. Еще одним заметным преимуществом этой системы выступает экономический фактор, поскольку она значительно дешевле в эксплуатации по сравнению с вышеприведёнными способами.

Не менее важным процессом на сегодня является компьютеризация процесса уборки и взвешивания урожая, осуществляемая с целью минимизировать влияние субъективного фактора [74,126,127]. Сегодня на рынке присутствует немало специально созданного для нужд аграрного сектора программного обеспечения, например, система автоматизированного учета зерна и хлебопродуктов, интегрированная в платформу «1С» [135]. Так, упомянутая выше система датчиков контроля сыпучих материалов фирмы «Эскорт», при помощи ПО «Аргонавт», имеет возможность вести подробный учет и картографировать сбор зерновых. Аналоговый, частотный и цифровой интерфейс позволяют системе взаимодействовать с различными типами мониторингового оборудования. Корпус датчика имеет высокую степень защиты от влияния природных явлений, точные измерения происходят и в условиях повышенной влажности, и во время летней жары. Более того, такая система позволяет пресечь деятельность несанкционированной выгрузки зерна уже на ранней стадии путем обеспечения полнейшего учета.

Еще одним способом весового контроля является устройство для мониторинга уровня заполнения бункера для сельскохозяйственного продукта (рисунок 1.12) [97].

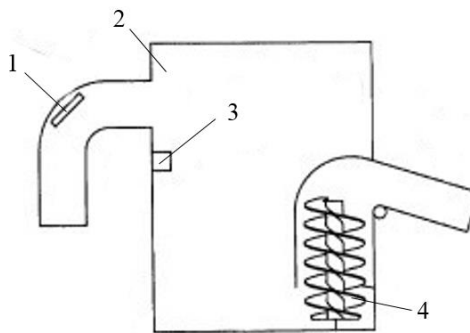


Рисунок 1.12 – Мониторинг уровня заполнения бункера для сельскохозяйственного продукта: 1 – датчик входа (например, датчик массового расхода); 2 – бункер; 3 – индикатор состояния; 4 – транспортер (например, разгрузочный шнек)

Система работает следующим образом: с помощью датчика входа 1 вычисляется скорость впуска зернового материала в бункер 2. В бункере устанавливается индикатор состояния 3, который используется для определения рабочего или не рабочего положения транспортера 4. Для обработки данных используется процессор, который содержит блок оценки уровня и предполагаемого уровня, расчет в которых происходит за счет данных о скорости впуска и выпуска.

Однако это устройство имеет довольно сложную вычислительную схему и сложность установки датчиков. Помимо этого, они расположены непосредственно в загрузочном шнеке и в бункере, что приводит к постоянному контакту с зерновыми культурами, которые в свою очередь из-за налипания и прочих своих свойств создают помехи в работе датчиков. Их расположение создает трудности при ремонте и обслуживании. Поэтому это решение не получило распространения на рынке.

Таким образом, сравнив и проанализировав методы учета и контроля объемов собранного урожая зерновых культур во время уборочной кампании, можно сделать вывод, что среди различных способов, самую высокую точность измерения обеспечивают автомобильные электронные весы. Важным недостатком такого способа выступают возможные логистические потери и стоимость эксплуатации системы. Сравнив несколько методов, можно сказать, что на современном этапе развития земледелия, наиболее выигрышным в соотношении «цена – качество» есть установка и дальнейшее использование непосредственно в бункерах зерноуборочных комбайнов датчиков учета сыпучих материалов.

Исходя из всего вышесказанного, поставлены следующие основные задачи исследования:

- обосновать требования к системе учета затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке зерновых культур;
- теоретически обосновать методику определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса на основе мониторинга наполненности

бункера зерноуборочного комбайна;

- разработать методику определения объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна с использованием машинного зрения;

- провести экспериментальные исследования влияния общего уровня яркости, цвета, места поступления зернового материала, перекрытия изображения зерновым материалом на точность определения его объема в бункере зерноуборочного комбайна.

ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНЫМ ПРОЦЕССОМ НА ОСНОВЕ СОКРАЩЕНИЯ ПРОСТОЕВ КОМБАЙНОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

2.1 Структура системы сокращения затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке сельско-хозяйственной продукции

Структуру системы сокращения затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке сельскохозяйственной продукции с использованием мониторинга наполняемости зернового материала в бункере, можно представить в виде совокупности элементов, представленных на рисунке 2.1.

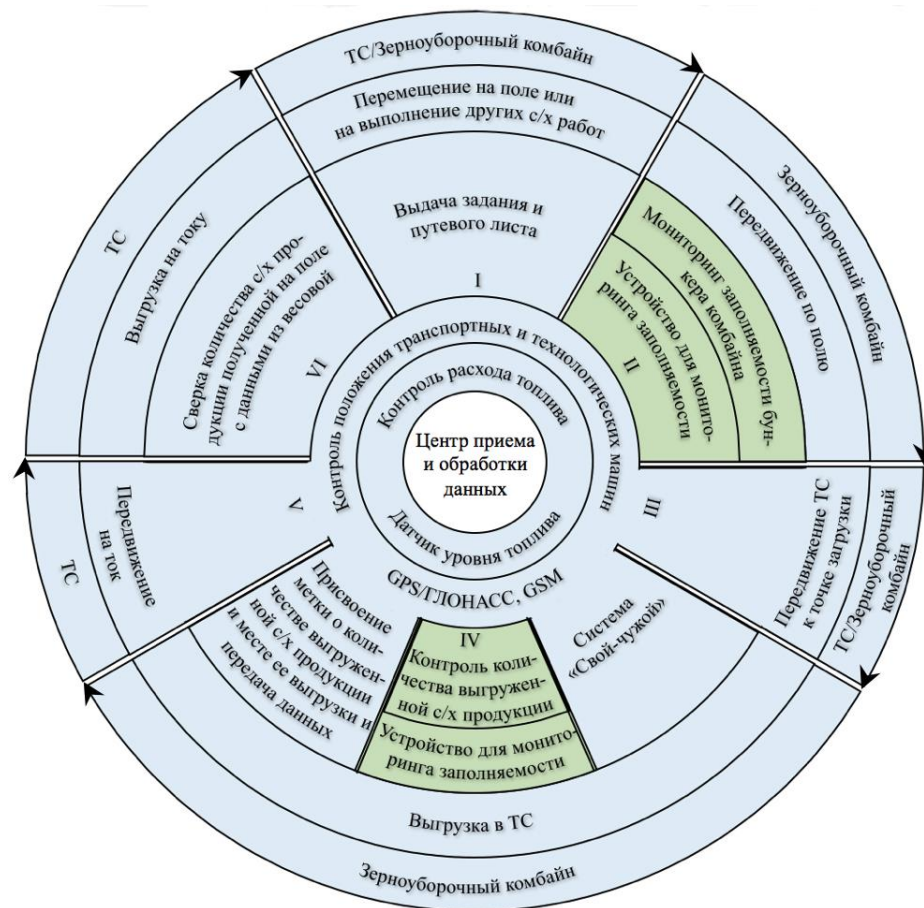


Рисунок 2.1 – Структура системы сокращения затрат времени на выполнение транспортных процессов при уборке сельскохозяйственной продукции с использованием мониторинга наполняемости бункера

Согласно представленной структуре транспортное средство (автомобиль, трактор с прицепом, бункер перегружатель и др.) и зерноуборочный комбайн получают задание (с оформлением соответствующего документа) в соответствии с которым перемещаются на поле (позиция I). Далее зерноуборочный комбайн начинает сбор урожая (позиция II). На этой стадии предложено использовать устройство для мониторинга наполняемости бункера комбайна. Его применение позволит планировать время и место полной загрузки комбайна на поле, что определит точку (область выгрузки комбайна) загрузки ТС. В этом случае ТС уже будет владеть информацией и поменяет свое местоположение с точки зрения сокращения затрат времени на ожидание комбайном (позиция III). Помимо этого, появляется возможность определения потребности в ТС на конкретном поле.

Затем, происходит выгрузка из комбайна в ТС, во время которой система «Свой-чужой» контролирует принадлежность транспортного средства хозяйству (позиция IV). На этой стадии предложено контролировать количество выгруженной с/х продукции с соблюдением нормативной загрузки ТС, с присвоением метки о количестве выгруженной с/х продукции и месте ее выгрузки для формирования базы данных о производительности комбайна. Далее ТС передвигается на ток (позиция V), где происходит выгрузка (позиция VI), во время которой осуществляется сверка количества с/х продукции полученной на поле с данными из весовой. На протяжении всех процессов контролируется положение ТС и комбайнов при помощи GPS/ГЛОНАСС и GSM, также контролируется расход топлива, датчиком уровня топлива [190]. Управление всей этой системой осуществляется центром приема и обработки данных.

Исходя из этого можно выделить необходимые требования, предъявляемые к системам мониторинга:

- определение местоположения, направления и скорости движения транспортных средств;
- регулирование погрузки, разгрузки, транспортировки грузов;
- регулирование наполняемости и опорожнения бункера;
- контроль расхода ГСМ;

- регулирование работы навесного оборудования, механизмов и агрегатов;
- отслеживание времени начала и окончания выполнения сельскохозяйственных работ;
- регулирование скоростного режима при выполнении сельскохозяйственных работ;
- регулирование движения техники по полю (качество обработки краев при посеве, обработке гербицидами);
- контроль за нахождением объекта (технологической или транспортной машины) в пределах обозначенного участка поля с контролем времени входа-выхода объекта;
- сбор информации для формирования паспорта поля, определение точных границ полей, измерение площади сельхозугодий, картирование урожайности (плотность урожая и др.);
- способность определения площади поля;
- закрепление транспортного средства за маршрутом;
- оперативное отображение движения транспортного средства в графическом формате;
- непрерывный контроль диспетчером исполнения планового задания и предупреждение его об отклонении транспортного средства от маршрута или выхода из зоны проведения работ;
- быстрое реагирование при возникновении внештатной ситуации (аварии и др.);
- голосовая связь с водителем и вывод текстового сообщения на монитор;
- устанавливаемое оборудование должно быть защищено антивандальным боксом, а датчики должны быть изготовлены в пыле-и влагозащитном исполнении.

2.2 Формирование структуры потерь времени при выполнении уборочно-транспортных работ

Для выявления основных потерь времени на простои транспортных и технологических машин при уборочно-транспортном процессе, учитывались теоретические аспекты учета потерь времени. В результате сформирована структура затрат времени на основные операции уборочно-транспортного процесса (рисунок 2.2), позволяющая показать перспективность использования мониторинга наполненности бункера.

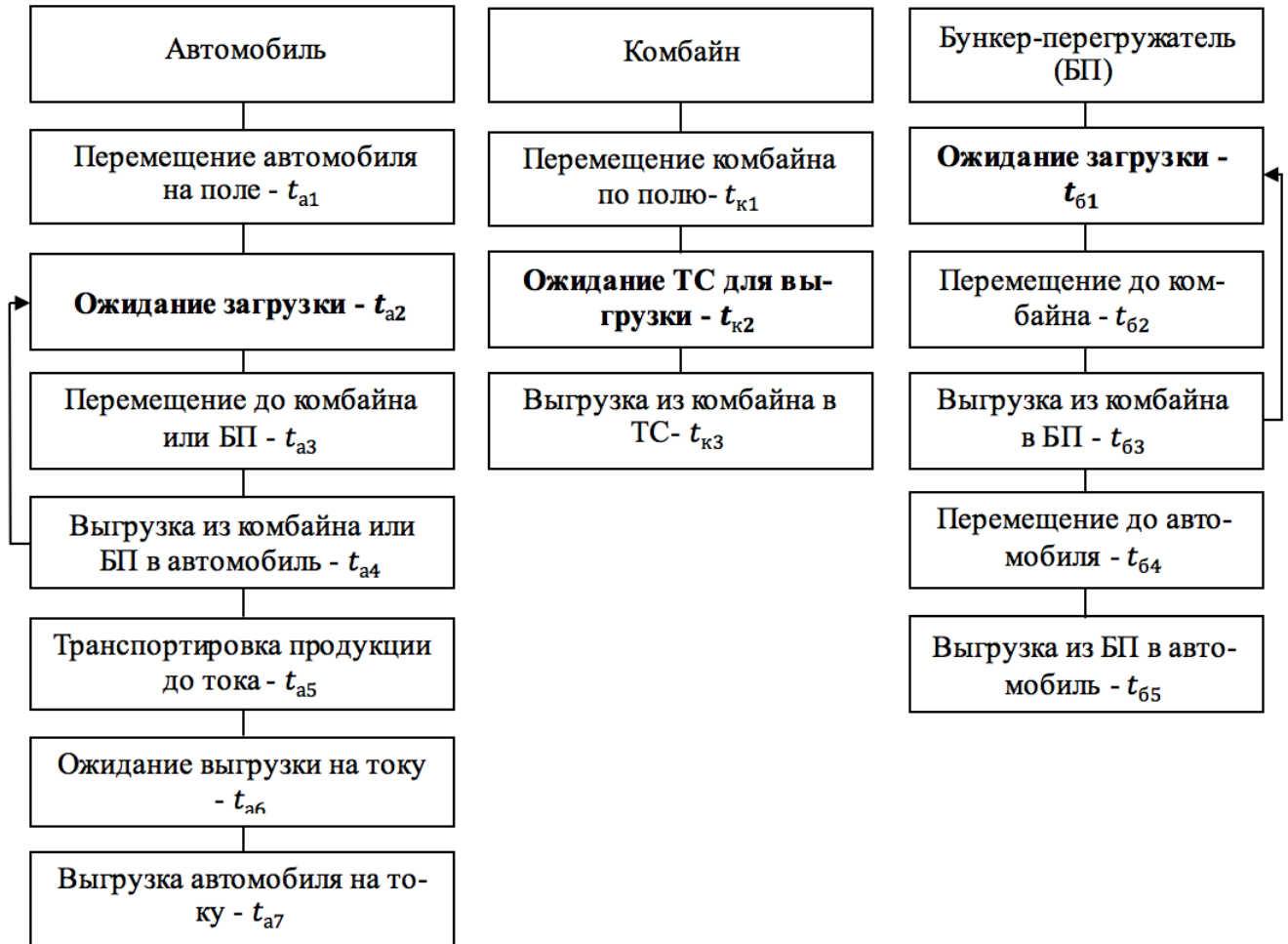


Рисунок 2.2 - Структура затрат времени на этапах выполнения уборочно-транспортного процесса

Согласно данной структуре общий объем затрат времени $T_{общ}$ на выполнение транспортно-технологических операций во время уборки образуется в результате суммирования интервалов времени на выполнение основных этапов уборочного процесса и этапов, связанных с ожиданием транспортных и технологических машин, мин (час):

$$T_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^{12} t_i + \sum_{j=1}^3 t_j \quad (2.1)$$

где t_i - затраты времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса, мин (час); t_j - затраты времени на простои техники, связанные с ожиданием транспортных или технологических машин на поле, мин (час).

Тогда, основные затраты C_i на всех этапах транспортных работ составят, руб.:

$$C_i = C_{Tn} \times \left(\sum_{i=1}^{12} t_i + \sum_{j=1}^3 t_j \right) \quad (2.2)$$

где C_{Tn} – тариф оплаты работы транспортных и технологических машин транспортные затраты, руб. в час.

В этом случае потери прибыли для предприятия агропромышленного комплекса составят, руб.

$$П_{\text{пр}} = C_{Tn} \times \sum t_{a2,к2,б1} \quad (2.3)$$

где $П_{\text{пр}}$ - потери прибыли предприятия от простоев транспортных и технологических машин; t_{a2} – время ожидания автомобилем загрузки, мин (час); $t_{к2}$ – время ожидание комбайном ТС для выгрузки, мин (час); $t_{б1}$ - время ожидание БП загрузки, мин (час).

Математическая модель оценки эффективности функционирования уборочно-транспортного процесса, с учетом потерь времени на ожидание загрузки транспортными средствами и ожидание комбайном транспортного средства для выгрузки, позволяющая определить эффективность подачи транспортного средства в нужное место и точное время, может быть представлена целевой функцией вида:

$$F_{T(k \text{ общ})} = f(\Pi_{\text{пр}}) \rightarrow \min \quad (2.4)$$

где $F_{T(k \text{ общ})}$ - функция минимальных затрат времени.

Мониторинг наполняемости бункера позволит определить место выгрузки, тем самым обеспечив свободное транспортное средство навигационной меткой, куда ему будет необходимо прибыть в определенное время, что приведет к уменьшению простоев транспортных и технологических машин. Информационные потоки между центром приема и обработки данных технологическими машинами и транспортными средствами представлены на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Структура информационных потоков контроля и управления уборочно-транспортными процессами

В центр приема и обработки данных от транспортного средства поступает информация о степени наполненности кузова и информация о прибытии в заданное место. Из центра приема и обработки данных в транспортное средство команда полу-

чить зерновой материал от конкретного комбайна или команда двигаться согласно навигационной метке. От комбайна в центр приема и обработки данных передается информация об уровне наполненности бункера и о выгрузке заданной порции зернового материала. Из центра приема и обработки данных в комбайн подается команда выгрузить определенное количество зернового материала. От зернового тока информация о выгрузке автомобиля и о массе привезенного зернового материала. В результате происходит автоматическое формирование протокола.

Для мониторинга наполняемости зернового материала в бункере нами предлагается метод основанный на оптическом распознавании.

2.3 Оптическое распознавание уровня зернового материала в бункере комбайна

Для успешного функционирования системы оптического измерения объема зернового материала в бункере необходимо автоматически распознавать по изображению линию уровня зернового материала – линию, отделяющую область изображения, соответствующую зерновому материалу, от области, соответствующей стенке бункера. Зная расположение линии уровня по периметру бункера можно определить объем зернового материала в бункере, с учетом горки и зная угол естественного откоса зерна.

Определение линии уровня зернового материала по изображению представляет собой сложную задачу оптического распознавания. Сложность вызвана следующими факторами:

- изображение частично покрыто пылью, так как оптическое измерение происходит в процессе уборки зерновых;
- линия уровня имеет сложную геометрическую форму из-за сложной формы бункера и самопроизвольного принятия формы системой зерен;
- сложные условия освещения: перепады диагностических свойств изображе-

ния (яркость, цвет) существенно различные по периметру бункера, что затрудняет использование простейших разностно-яркостных методов распознавания;

- линия уровня зернового материала может быть частично закрыта посторонними объектами (подводящая труба, крышка бункера и т.п.);

Для преодоления перечисленных сложностей разработан достаточно универсальный математический аппарат, который заключается в следующем.

2.3.1 Выбор способа оптического отделения области зернового материала на изображении

Прежде всего, производится подготовка изображения с фотокамеры (или видеокамеры), которой оснащен комбайн. Изображение преобразуется к разрешению 640 x 480 пикселей путем масштабирования и обрезки не попадающих в данный формат частей изображения по бокам, либо сверху и снизу. Изображение преобразуется в формат BMP, в котором цвет каждого пиксела задается тремя числами – яркостью красного, зеленого, синего составляющих цвета.

С математической точки зрения изображение представляет собой три матрицы яркости I_{ij}^R , I_{ij}^G , I_{ij}^B , где R , G , B – индекс цветового канала (красный, зеленый, синий соответственно), i и j – номера пикселей по горизонтали (начиная слева) и вертикали (начиная сверху) [179].

Для поиска линии уровня зернового материала используется либо выделение по цвету (зерновой материал имеет высокую составляющую желтого цвета), либо яркостное выделение. В последнем случае производится цветовое усреднение: три цветовых канала преобразуются в изображение в оттенках серого цвета:

$$I_{ij} = \frac{I_{ij}^R + I_{ij}^G + I_{ij}^B}{3} \quad (2.5)$$

где I_{ij} – матрица изображения в оттенках серого.

Для поиска линии уровня зернового материала на изображении I_{ij} используется многоточечный многорядный шаблон (рисунок 2.4).

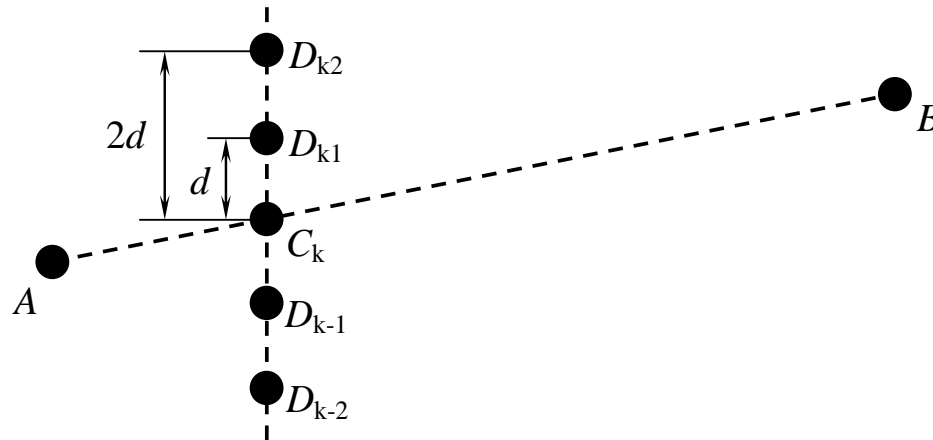


Рисунок 2.4 – Шаблон, используемый для поиска на изображении линии уровня зернового материала

Линия уровня зернового материала ищется в виде набора отрезков AB , выше и ниже которых расположены по 5 рядов точек, по 30 точек в ряду. Расстояние между соседними рядами точек одинаково и равно $d = 5 \dots 10$ пикселей. Между симметричными относительно C_k точками определяется разность яркости изображения, далее такие разности суммируются в общий критерий K , по величине которого можно судить о совпадении отрезка AB с линией уровня зернового материала [118,144].

Поиск наилучшего расположения отрезка AB производится методом Монте-Карло – методом случайного перебора вариантов расположения концов отрезка. По анализируемому изображению производится 10 000 попыток совмещения шаблона с изображением. Координаты точек отрезка AB определяются для каждого варианта следующим образом:

$$x_A = 20; \quad y_A = 20 + F_r \cdot (480 - 2 \cdot 20); \quad (2.6)$$

$$x_B = 620; \quad y_B = 20 + F_{\tau+1} \cdot (480 - 2 \cdot 20), \quad (2.7)$$

где x_A, y_A, x_B, y_B – координаты точек A и B (в пикселах), не обязательно целочисленные, привязанные к ячейкам массива яркости I_{ij} ; F_τ и $F_{\tau+1}$ – последовательные реализации случайной величины F , имеющей равномерный закон распределения вероятности и принимающей действительное значение от 0 до 1. Для реализации случайной величины F используется генератор случайных чисел `random` из системы программирования Borland Delphi; τ – номер цикла в методе Монте-Карло, рисунок 2.5.

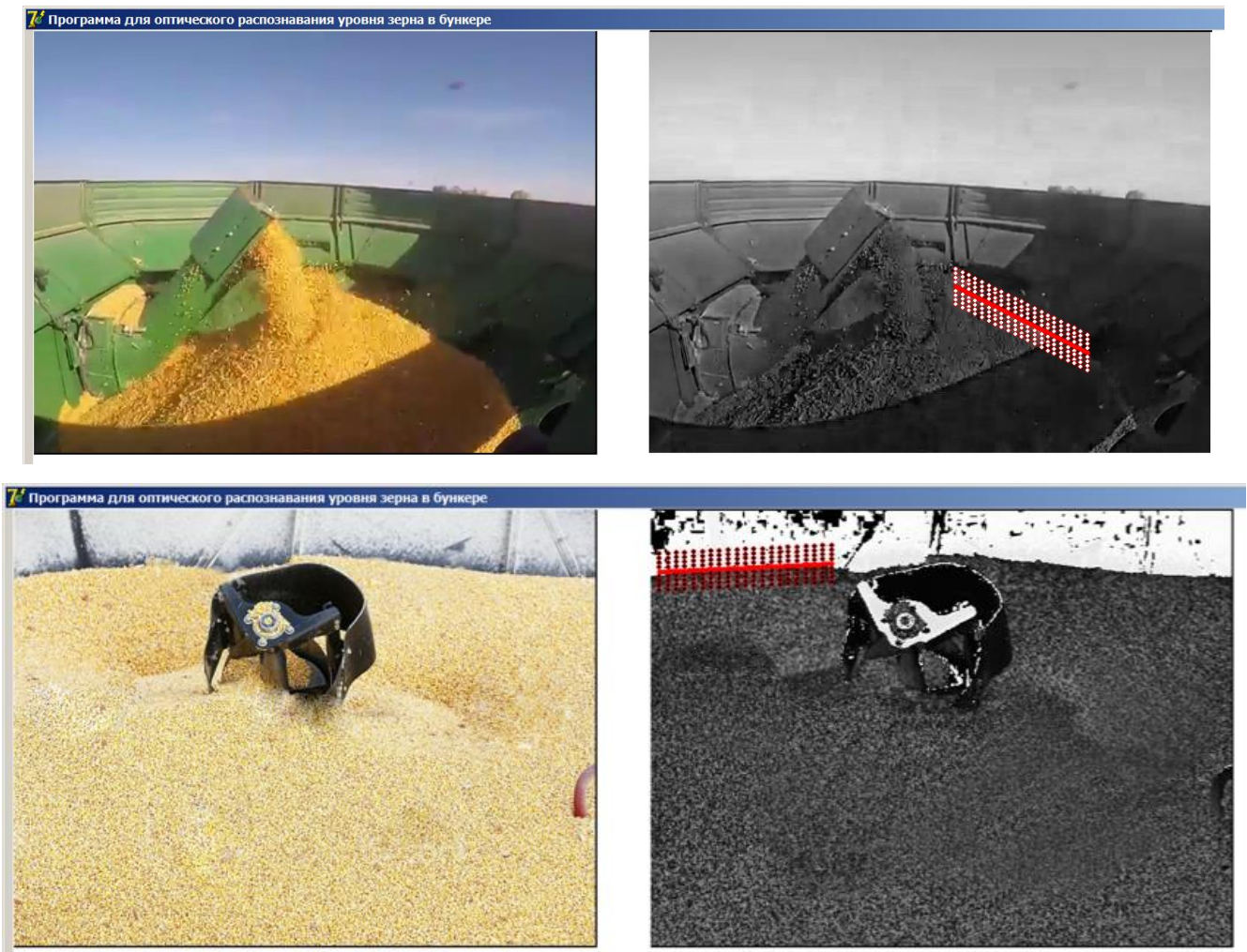


Рисунок 2.5 – Примеры определения линии уровня зернового материала в бункере с помощью разработанного метода для различных условий освещения

Для каждого случайного отрезка AB производится расчет положения точек D_{km}

на изображении, в которых определяется яркость изображения. Прежде всего, определяются координаты центральной точки C_k :

$$x_{C_k} = x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A); \quad (2.8)$$

$$y_{C_k} = y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A), \quad (2.9)$$

где x_{C_k} , y_{C_k} – координаты точки C_k ; k – номер вертикального набора точек (может принимать значения от 0 до 30).

Далее определяются координаты точек D_{km} :

$$x_{D_{km}} = x_{C_k} = x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A); \quad (2.10)$$

$$y_{D_{km}} = y_{C_k} - d \cdot m = y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) - d \cdot m; \quad (2.11)$$

где $x_{D_{km}}$, $y_{D_{km}}$ – координаты точки D_{km} , m – номер ряда точек, параллельного отрезку AB ; d – расстояние между соседними рядами точек.

Для того, чтобы в точке D_{km} определить интенсивность, необходимо преобразовать нецелочисленные значения координат $x_{D_{km}}$, $y_{D_{km}}$ в целочисленные (выделить целую часть числа), таким образом привязав точку D_{km} к ячейке матрицы I_{ij} . Математически это записывается следующим выражением:

$$I_{[x_{D_{km}}][y_{D_{km}}]}, \quad (2.12)$$

где квадратными скобками [...] обозначается операция выделения целой части числа.

Критерий K , определяющий, насколько хорошо отрезок AB совпадает с линией уровня зернового материала, рассчитывается путем суммирования разностей в парных точках:

$$K = \sum_{k=1}^{30} \sum_{m=1}^5 \left(I_{[x_{D_{km}}][y_{D_{km}}]} - I_{[x_{D_{k-m}}][y_{D_{k-m}}]} \right) \quad (2.13)$$

Выражая K как функцию координат отрезка AB , получим:

$$K(x_A, y_A, x_B, y_B) = \sum_{k=1}^{30} \sum_{m=1}^5 \left(I_{[x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A)][y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) - d \cdot m]} - I_{[x_A + \frac{k}{30}(x_B - x_A)][y_A + \frac{k}{30}(y_B - y_A) + d \cdot m]} \right). \quad (2.14)$$

В ходе перебора 10 000 вариантов расположения отрезка AB производится сравнение критериев K для каждого отрезка и выбирается отрезок с наибольшим значением K , то есть решается следующая задача оптимизации:

$$K(x_A, y_A, x_B, y_B) \rightarrow \max \Rightarrow x_A^{opt}, y_A^{opt}, x_B^{opt}, y_B^{opt}, \quad (2.15)$$

где x_A^{opt} , y_A^{opt} , x_B^{opt} , y_B^{opt} – координаты отрезка, лучше всего совпадающего с линией уровня зернового материала.

При таком методе поиска линии уровня зернового материала используется предположение, что изображение над линией уровня зернового материала темнее изображения под линией уровня, что чаще всего бывает в реальности (см. фото выше). За счет использования множества точек ($30 \times 10 = 300$) данный метод оптичес-

ского распознавания обладает высокой устойчивостью к различным помехам:

- наличие различных посторонних объектов на изображении, перекрывающих линию уровня зернового материала;
- запылению изображения;
- существенной непрямолинейности линии уровня зернового материала.

Как показала многократная проверка на более чем 20 различных изображениях (часть результатов представлена на рисунках выше), разработанный оптический метод поиска уровня зернового материала в бункере является надежным и эффективным, поэтому может использоваться в реальных системах определения объема зернового материала в бункере комбайна.

2.3.2 Построение поверхности зернового материала по оптически определенной границе между зерновым материалом и бункером

Для определения объема зернового материала в бункере необходимо учитывать характер выпуклости свободной поверхности зернового материала, которая формируется в результате двух конкурирующих физических процессов: поступления потока зернового материала и ссыпания зернового материала. Поэтому далее был разработан метод получения функции свободной поверхности зернового материала $f_z(x, y)$, на основе оптически определенной границы $\Gamma(x, y, z)$ между стенками бункера и свободной поверхностью зернового материала. В рамках предлагаемого метода используется концепция угла естественного откоса, который для пшеницы и ржи составляет $23 \dots 38^\circ$ в зависимости от сорта, влажности и других факторов.

При разработке метода определения конфигурации поверхности зернового материала учитывалось, что граница Γ между поверхностью и стенками бункера может иметь существенно неаналитическую форму, поэтому при разработке метода использовался не аналитический, а более универсальный – численный подход. Метод построения поверхности основан на методе взаимодействующих движущихся точек

– МВДТ (родственными ему методами являются метод динамики частиц, метод молекулярной динамики, SPH-метод).

В рамках данного метода геометрический объект разбивается на множество (часто $10 \dots 10^6$) материальных точек, имеющих условную массу и взаимодействующих между собой условными силами, которые определяются исходя из условия задачи. Для решения геометрической задачи моделируется механическое движение материальных точек под действием сил взаимодействия и система переходит в некоторое состояние равновесия, которое и служит решением задачи.

Свободную поверхность зернового материала целесообразно представить совокупностью $N_x \times N_y$ материальных точек, с индексами ij , координаты x_{ij} и y_{ij} которых зафиксированы в узлах квадратной сетки (рисунок 2.6):

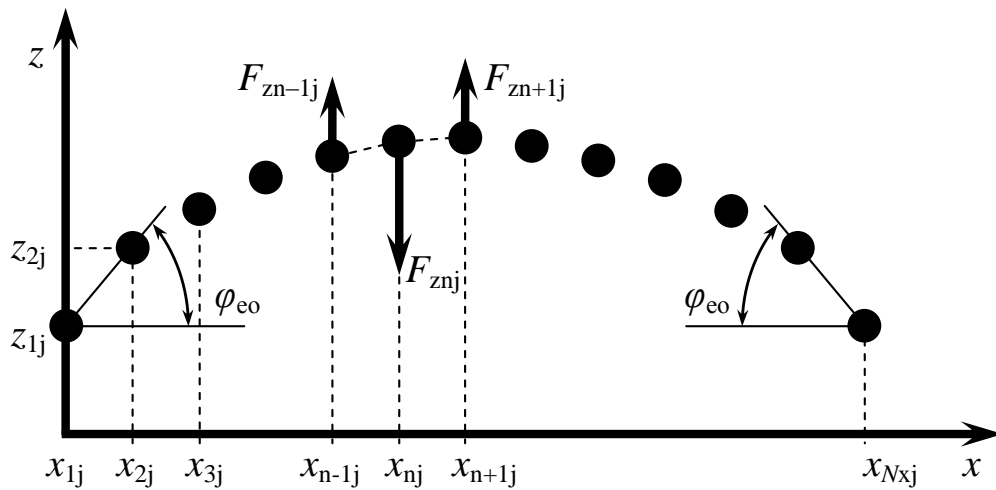


Рисунок 2.6 – Представление свободной поверхности как совокупности взаимодействующих материальных точек

$$x_{ij} = i \cdot d; \quad y_{ij} = j \cdot d, \quad (2.16)$$

где d – шаг квадратной сетки.

Координата z_{ij} может изменяться при движении точки. Движение точек описывается дифференциальным уравнением второго порядка, составленным на основе второго закона Ньютона для материальных точек:

$$m \frac{d^2 z_{ij}}{dt^2} = \sum_{k=1}^{N_c} F_{zij}^k(z_{ij}, t), \quad (2.17)$$

где m – условная масса материальной точки (далее принято значение 1); t – условное время; N_c – количество условных сил F_{zij}^k , действующих на материальную точку.

Для построения конфигурации свободной поверхности в начальный момент времени точки, образующие поверхность, располагаются произвольным образом (например, в горизонтальной плоскости), за исключением граничных точек ($i = 1, i = N_x, j = 1, j = N_y$), которые располагаются таким образом, чтобы они образовывали с соседними точками угол заданного естественного откоса для зерна φ_{e0} .

Для того, чтобы точки сформировали в пространстве плавную поверхность, имеющую угол φ_{e0} с боковыми стенками бункера, добавляются силы, действующие на точки, и стремящиеся «выровнять» поверхность: стремящихся расположить каждую тройку последовательных точек на одну прямую. С учетом этого уравнение движения принимает следующий вид.

$$m \frac{d^2 z_{ij}}{dt^2} = -c \left((z_{i+1,j} - z_{ij}) - (z_{ij} - z_{i-1,j}) \right) - c \left((z_{i,j+1} - z_{ij}) - (z_{ij} - z_{i,j-1}) \right) - \alpha \frac{dz_{ij}}{dt}, \quad (2.18)$$

где c – коэффициент условной жесткости поверхности; α – коэффициент условного вязкого трения при движении точек, позволяющий исключить резкие изменения координат и скоростей точек из-за произвольности начальных условий.

Примеры конфигурации свободной поверхности зернового материала, построенных для разных углов естественного откоса для простейшей границы в форме прямоугольника показаны на рисунке 2.7.

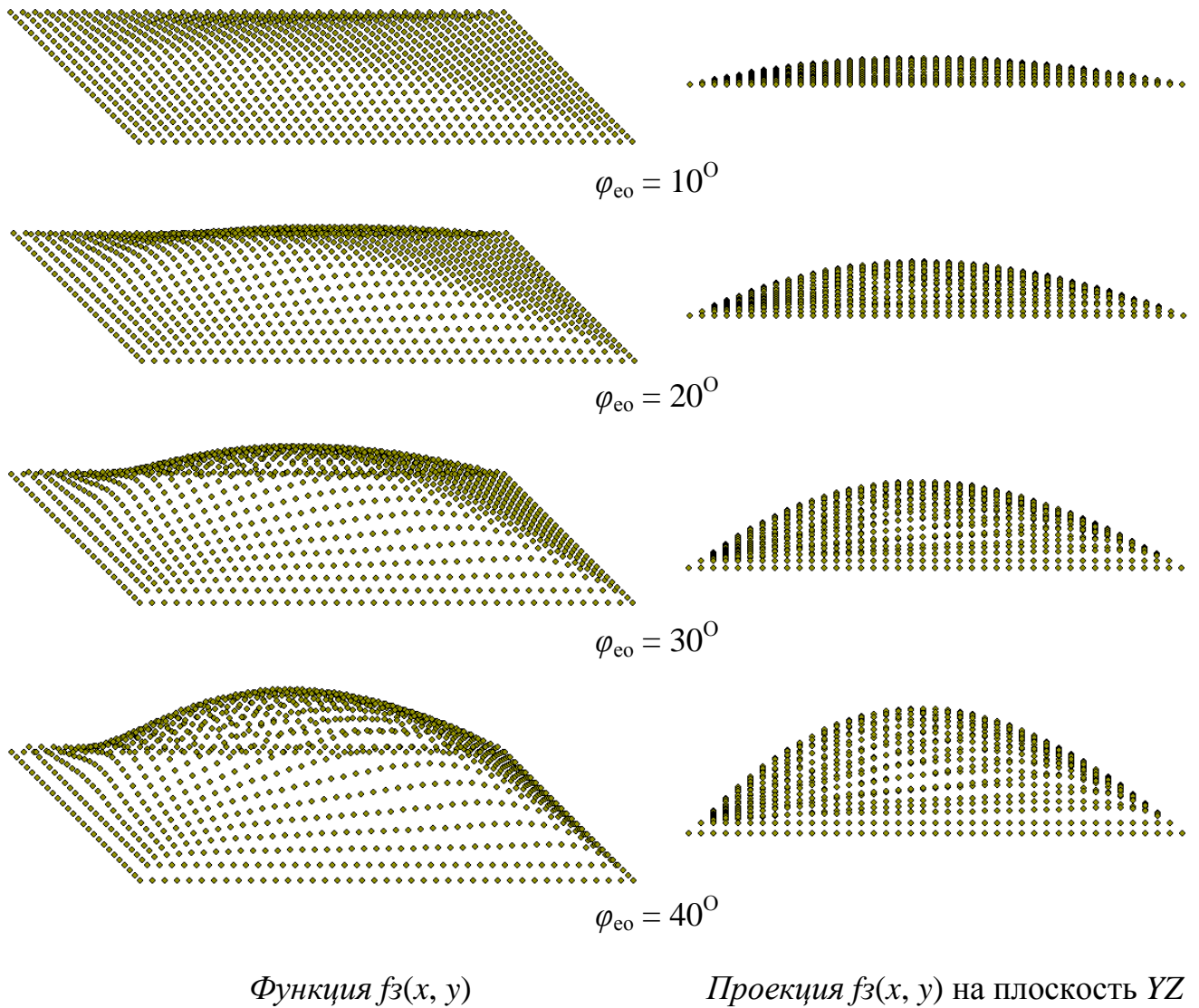


Рисунок 2.7 – Примеры конфигурации свободной поверхности зернового материала, построенных для различных углов естественного откоса φ_{eo} для простейшей границы Γ в форме прямоугольника

Для численного интегрирования уравнений движения материальных точек используется модифицированный метод Эйлера-Коши [7]. Данный метод обеспечивает второй порядок точности по отношению к координате и первый порядок точности по отношению к скорости.

$$z_{ij}^{\tau+1} = z_{ij}^{\tau} + v_{zij}^{\tau} \cdot \Delta t + \frac{F_{zij}^{\tau}}{m} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2}; \quad (2.19)$$

$$v_{zij}^{\tau+1} = v_{zij}^{\tau} + \frac{F_{zij}^{\tau}}{m} \cdot \Delta t; \quad (2.20)$$

где τ – номер шага по времени; Δt – величина шага по времени; v_{zij}^{τ} , $v_{zij}^{\tau+1}$ – компоненты скорости материальной точки ij .

Начальные условия. В начальный момент времени точки имеют произвольную координату z , за исключением граничных точек, которые должны составлять угол φ_{eo} с соседними точками. Начальная скорость точек равна нулю $v_{zij} = 0$.

Граничные условия. В процессе движения точек, при численном интегрировании уравнения движения, граничные ряды точек и соседние с ними выдерживаются фиксированными, так, чтобы выдерживался угол естественного откоса φ_{eo} ,

2.3.3 Определение объема зернового материала в бункере

Получив функцию свободной поверхности зернового материала $f_3(x, y)$ на основе предварительного оптического распознавания границы, появляется возможность рассчитать с практически приемлемой точностью объем V зернового материала в бункере. Аналитически, в приближении непрерывных функций, объем зернового материала вычисляется с помощью двойного интеграла.

$$V = \iint_{D(\text{Пр. XY } \Gamma)} (f_3(x, y) - z_6(x, y)) \cdot dx \cdot dy, \quad (2.21)$$

где $z_6(x, y)$ – функция двух переменных, описывающая форму нижней части бункера; D – область в пространстве (x, y) , в пределах которой производится интегрирование, представляющая собой проекцию на горизонтальную плоскость XY границы Γ между стенками бункера и свободной поверхности зернового материала, определенной с помощью оптического распознавания.

В ряде случаев бункер может иметь геометрически сложную форму (например многосвязную), тогда объем зернового материала рассчитывается по более сложной формуле, учитывающей дополнительные геометрические особенности.

Для повышения геометрической адекватности функцию f_3 целесообразно представить не в виде аналитической функции, а использовать табличное задание функции (матрицу f_{zij} размером $N_x \times N_y$). Тогда для бункера прямоугольного сечения, который используется в качестве базового в данной работе, объем зернового материала рассчитывается следующим образом.

$$V = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} (f_{zij} - z_{\delta ij}), \quad (2.22)$$

где $z_{\delta ij}$ – таблично заданная функция нижней поверхности бункера (для бункера простой геометрической формы, данная функция может быть простой, например для бункера с плоским дном $z_{\delta ij} = \text{const}$).

2.3.4 Теоретические исследования режимов выгрузки бункеров комбайна

Описанная выше методика измерения объема зернового материала в бункере рассчитана на режим «заполнения бункера с нуля», при котором поверхность зернового материала представляет собой горку правильной формы. Однако в рабочем цикле комбайна форма поверхности зернового материала может быть более сложной из-за чередования режимов заполнения и опорожнения бункера. Для того, чтобы установить вид поверхности необходимо в центре бункера установить измерительную полосу (например, стальную полосу), которая позволяет определять уровень зернового материала в центре $h_{ц}$ с помощью того же алгоритма оптического определения уровня зернового материала, который используется у стенок бункера (рисунок 2.8).

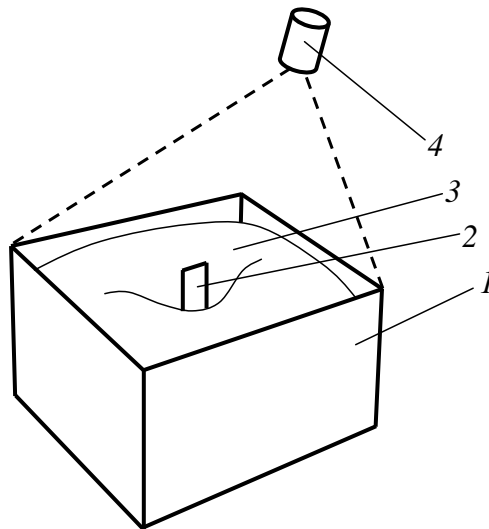


Рисунок 2.8 – Схема размещения вертикальной измерительной полосы для определения уровня зернового материала в центре бункера: 1 – бункер; 2 – измерительная полоса; 3 – насыпная поверхность зернового материала; 4 – видеокамера

Поверхность зернового материала выстраивается в разработанной модели на основе определенных оптическим путем высоты $h_{ц}$, и границы между поверхностью зернового материала и стенками бункера, а также информации о текущем режиме (заполнение или опорожнение), рисунок 2.9.

Разработанная методика построения поверхности зернового материала является достаточно универсальной, чтобы воспроизводить режимы насыпания и удаления зернового материала в различных точках поверхности.

Так, если зерновой материал удаляется в центре бункера, формируется углубление, к системе уравнений, описывающих сетку поверхности, необходимо добавить граничные условия:

$$Z_{[Nx/2],[Ny/2]} = h_z \quad (2.23)$$

$$Z_{[Nx/2+1],[Ny/2]} = Z_{[Nx/2-1],[Ny/2]} = Z_{[Nx/2],[Ny/2+1]} = \quad (2.24)$$

$$Z_{[Nx/2],[Ny/2-1]} = h_z + d \cdot \tan \varphi_{eo}$$

где квадратными скобками обозначен оператор выделения целой части числа с округлением [...]; h_z – высота поверхности зернового материала бункера; d – шаг сет-

ки; φ_{eo} – угол естественного откоса зерна.

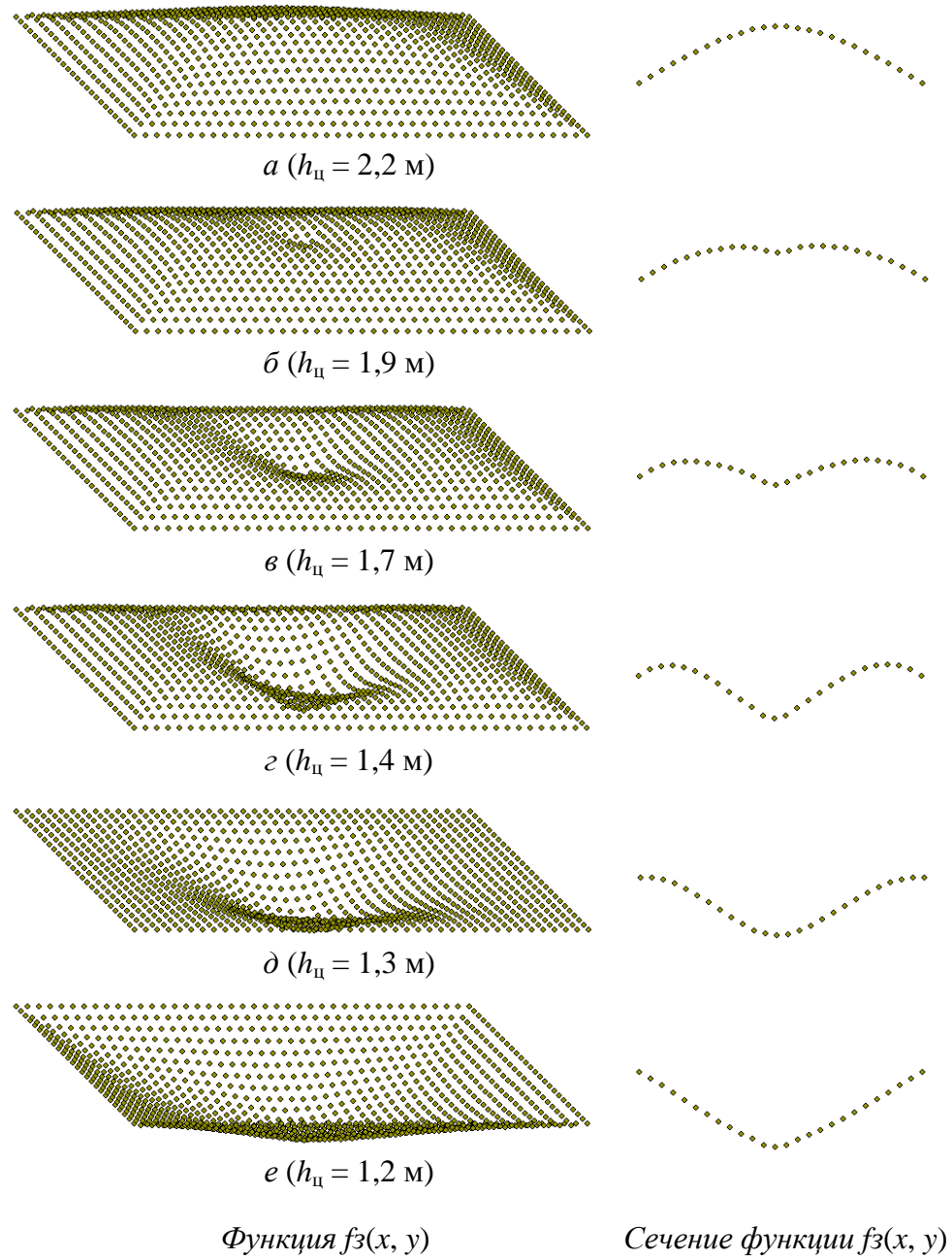


Рисунок 2.9 – Изменение формы свободной поверхности зернового материала по мере процессе опорожнения бункера (понижения высоты центра $h_{\text{ц}}$)

Выводы по 2 главе

1 Обоснована структура системы сокращения затрат времени на выполнение

транспортных процессов при уборке сельскохозяйственной продукции с использованием мониторинга наполняемости бункера.

2 Разработана методика определения продолжительности выполнения транспортно-технологических операций при уборке зерновых, выявление потерь времени на операции ожидания своей очереди на загрузку, дозагрузку и перемещение до комбайна.

3 Предложена структура информационных потоков контроля и управления уборочно-транспортными процессами.

4 Разработана методика оптического распознавания границ между свободной поверхностью зернового материала и стенками бункера комбайна, отличающаяся учетом оптических условий при засыпании зернового материала в бункер, устойчивостью к оптическим помехам (запыление, перекрытие потоком зернового материала), высокой детализацией сложной формы границы.

5 Разработана методика определения конфигурации свободной поверхности зернового материала в бункере, отличающаяся возможностью использовать в качестве исходных данных угол естественного откоса зерна и предварительно оптически определенную форму границы между зерновым материалом и стенками бункера.

ГЛАВА 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПТИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ УРОВНЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА В БУНКЕРЕ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для проверки работоспособности системы, оценки ее эффективности в различных условиях работы, проведено экспериментальное исследование разработанной системы оптического измерения уровня зернового материала в бункере. На рисунке 3.1 схематично показаны наиболее существенные внешние параметры, оказывающие влияние на эффективность разработанной системы (входные параметры), и показатели эффективности (выходные параметры).

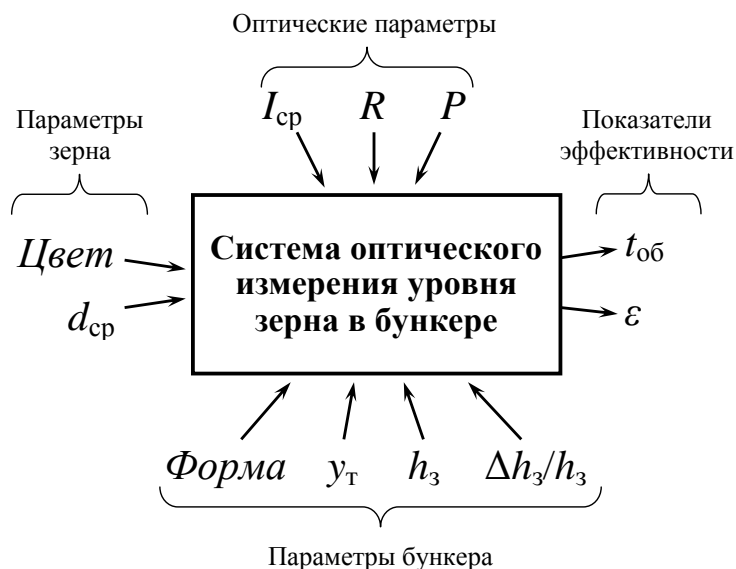


Рисунок 3.1 – Постановка задачи на экспериментальное исследование разработанной системы оптического измерения уровня зернового материала в бункере

Входные параметры разделены на три группы. К первой группе относятся параметры зернового материала:

- цвет: в первую очередь важна насыщенность желтой составляющей цвета, которая в формате RGB количественно оценивается выражением $(I_R + I_G) / I$;
- $d_{ср}$ – средний эффективный диаметр зерен: система оптического распознава-

ния сохраняет работоспособность в широком диапазоне размеров: от зерен проса (около 0,5 мм) до зерен кукурузы (около 8 мм). Также, возможно использование системы для заполнения бункера овощами (картошка, свекла, морковь и т.п.) с эффективным размером порядка 50...100 мм.

Ко второй группе переменных относятся параметры бункера:

- форма: для бункеров различной формы необходимо скорректировать аналитические выражения, задающие боковые поверхности бункера и соответствующие фрагменты программного кода;

- y_T – место расположения места поступления зернового материала по отношению к бункеру (в общем случае задается двумя координатами x_T, y_T);

- h_3 – высота уровня зернового материала в бункере;

- $\Delta h_3 / h_3$ – неравномерность уровня зернового материала в бункере: в простейшем варианте оценивается высотой горки зернового материала по отношению к средней высоте поверхности зернового материала.

К третьей группе переменных относятся оптические условия:

- I_{cp} – средняя яркость изображения;

- R – разрешение изображения;

- P – условный параметр, задающий перекрытие изображения потоком зернового материала.

В качестве показателей эффективности разработанной системы приняты следующие:

- $t_{об}$ – время обработки одного кадра;

- $\varepsilon = \Delta V / V$ – погрешность измерения объема зернового материала.

3.2 Оборудование для испытания предложенного метода

Первичная проверка работоспособности разработанного метода произведена на серии фотографий, полученных в процессе засыпания зернового материала в ла-

бораторный бункер (рисунок 3.2).

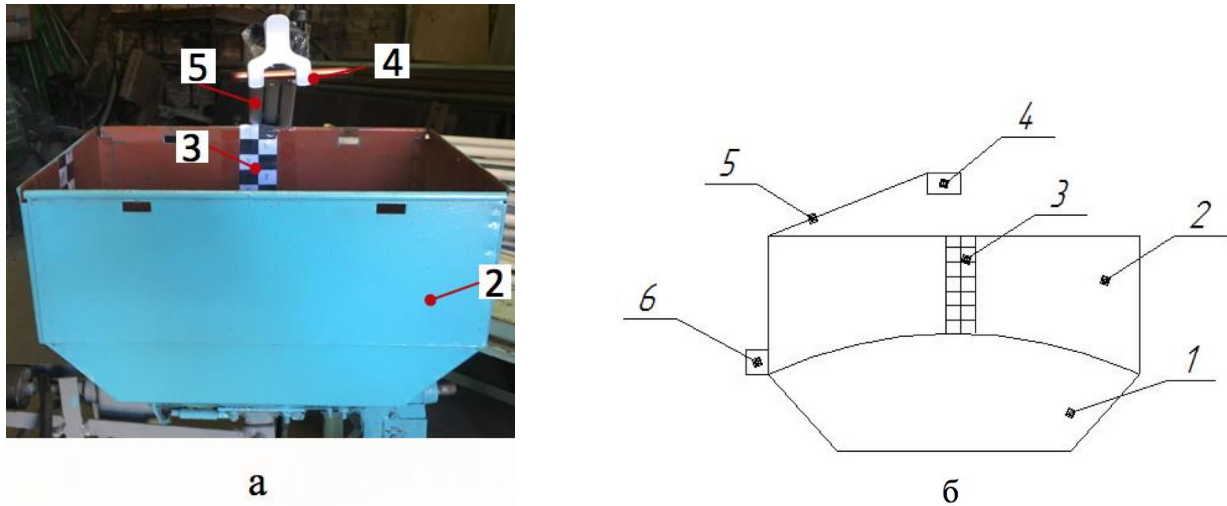


Рисунок 3.2 - Устройство для мониторинга уровня зернового материала в бункере: а – лабораторный бункер; б – схема размещения основных элементов для определения наполняемости лабораторного бункера. 1- зерновой материал; 2- бункер; 3 – измерительная шкала; 4 – видеокамера; 5 – кронштейн; 6 – блок управления

Форма бункера характеризуется прямоугольными горизонтальными сечениями. Верхняя половина бункера представляет собой практически прямоугольный параллелепипед, нижняя часть – сужающуюся к низу призму.

В рамках разработанного метода граница между поверхностью зернового материала и стенками бункера ищется в виде ломаной линии. С учетом формы лабораторного бункера граница состояла из 16 отрезков: по 4 отрезка на каждую стенку бункера (направляющие концов отрезков показаны толстыми линиями на рисунке 3.3, а). Такая дискретизация позволила с достаточно высокой точностью определить конфигурацию границы при малом времени обработки кадра (порядка 0,5 с).

Лабораторные измерения проводились в режиме неподвижной камеры. На этапе предварительной калибровки определялись координаты на изображении ключевых точек бункера, по которым потом восстанавливались 16 направляющих линий, вдоль которых производился поиск концов отрезков границы. Для контроля степени заполнения бункера на стенках были нанесены шкалы с шагом 2,5 см. В качестве

блока управления был использован ноутбук.

Оптическое определение границы с помощью разработанного метода производится с достаточно высокой точностью. Оценка по изображениям с наложенной границей (рисунок 3.3) показывает, что ошибка границы не превышает 1 ... 3 пиксела при разрешении изображения 720 x 480 пикселей, что составляет 0,13 ... 0,63 % от линейного размера изображения.

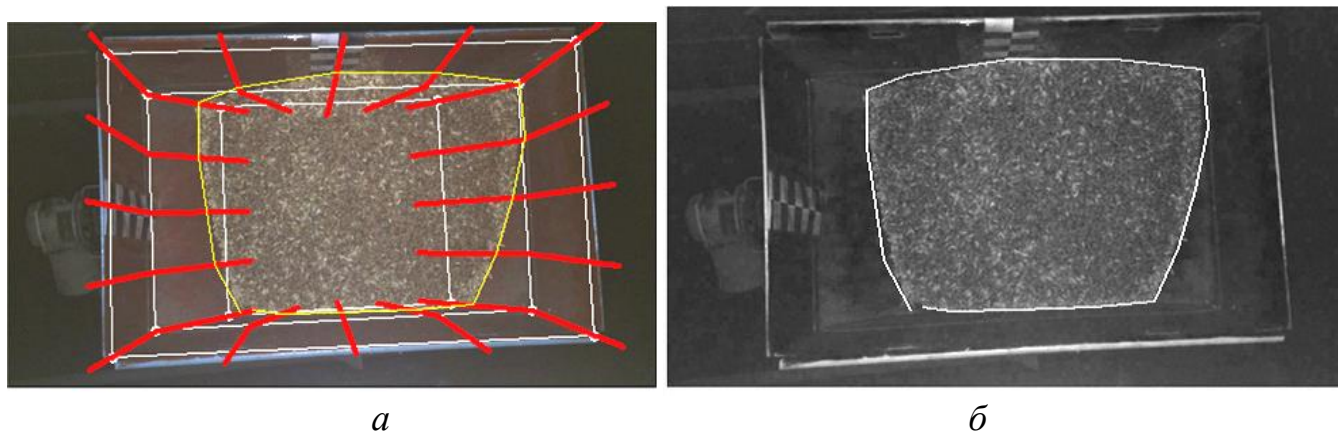


Рисунок 3.3 – Работа системы оптического измерения объема зернового материала в бункере: *а* – исходное изображение с наложенными геометрическими элементами бункера; *б* – граница между поверхностью зернового материала и бункером в виде ломаной линии из 16 отрезков

3.3 Методика проведения исследований и обработки экспериментальных данных

Для проведения эксперимент понадобилась камера (iPhone 5s 8 МП iSight, BSI-датчик, двойная светодиодная вспышка, $f/2.2$), жестко закрепленная над бункером. Зерновой материал засыпался в бункер порциями по 1,5 литра. После каждого засыпания делался снимок. Из полученных снимков, ранее описанным способом, определялся объем. Опыты проводились с пятикратной повторностью.

Затем рассчитывался средний объем, по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{V_{\text{э}1} + V_{\text{э}2} + V_{\text{э}3} + V_{\text{э}4} + V_{\text{э}5}}{5}; \quad (3.1)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средний объем; $V_{\text{э1}}, V_{\text{э2}} \dots V_{\text{э5}}$ – объем полученный экспериментальным путем.

После этого высчитывалась погрешность ε :

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{ф}} - V_{\text{ср}}}{V_{\text{ф}}} \times 100\%; \quad (3.2)$$

Далее выражаем общую погрешность $\varepsilon_{\text{общ}}$ по всему эксперименту:

$$\varepsilon_{\text{общ}} = \frac{\sum \varepsilon}{N}; \quad (3.3)$$

где N – количество засыпаний зернового материала.

3.4 Методика проведения исследований влияния различных условий на точность и время срабатывания предложенного метода

Влияние общего уровня яркости. В зависимости от средней яркости изображения сужается или увеличивается динамический диапазон яркости каналов R, G, B изображения, что оказывает влияние на точность определения границы между зерновым материалом и бункером и, соответственно, объема зернового материала в бункере. С целью изучения влияния средней яркости на эффективность разработанного метода проведена серия экспериментов с четырьмя изображениями, полученными в различных оптических условиях, в частности, с различной средней яркостью (примеры изображений приведены на рисунке 3.4). Средняя яркость исследуемых изображений составляла 67 (рисунок 3.4, б), 129, 188 (рисунок 3.4, а), 212 единиц по шкале 0 ... 255 ед.

Влияние степени перекрытия изображения зерновым материалом. Одной из наиболее серьезных проблем реальной эксплуатации системы оптического измере-

ния объема зерна является запыленность изображения и перекрытие изображения потоком зерна и элементами конструкции.

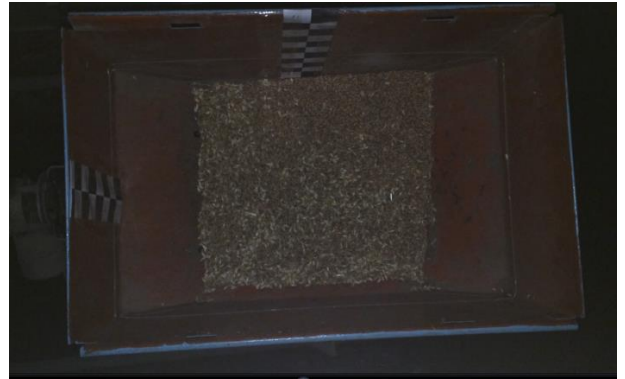
*a**б*

Рисунок 3.4 – Эксперименты с заполнением бункера при различной яркости

Для изучения влияния уровня перекрытия изображения зерновым материалом обработана серия изображений, с разным уровнем запыления (рисунок 3.5).

*a**б**в**г*

Рисунок 3.5 – Различные условия перекрытия границы: *a* – отдельные летящие зерна; *б* – отдельные летящие зерна и запыление; *в* – слабый поток зерен; *г* – сильный поток зерен

Степень перекрытия изображения P оценивалась количественно по условной шкале от 0 до 1 и для изображений рисунка 2.15 составила соответственно 0,00 0,33, 0,67, 1,00.

Влияние цвета зернового материала. Для проверки влияния насыщенности желтого цвета на изображении зерен были подобраны дополнительные фотографии к основному лабораторному эксперименту (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Изображения для испытания разработанной системы при различной насыщенности желтого цвета зернового материала: а – 0,22 ед.; б – 0,31 ед.; в – 0,44 ед.

Уровень насыщенности желтого цвета $I_{Y_{отн}} = (I_R + I_G) / (I_R + I_G + I_B) \cdot 3/2$ мог принимать значения от 0 до 1 и конкретно для выбранных фотографий составил 0,22, 0,31, 0,44.

Влияние места расположения входной трубы. От места поступления зернового материала в бункер зависит несимметричность горки зернового материала, что может оказывать влияние на точность определения объема зернового материала в бункере. Для исследования данного влияния проведена обработка серии

изображений в которых при одном и том же наклонном потоке зернового материала место падения зерен изменялось от практически удара о стенку (рисунок 3.7, *а*) до падения в центр бункера (рисунок 3.7, *в*). При этом координата y_T/B (где B – ширина бункера) падения потока зерен изменялась от 0,0 до 0,5. Были отобраны шесть изображений, где y_T/B составлял 0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5.

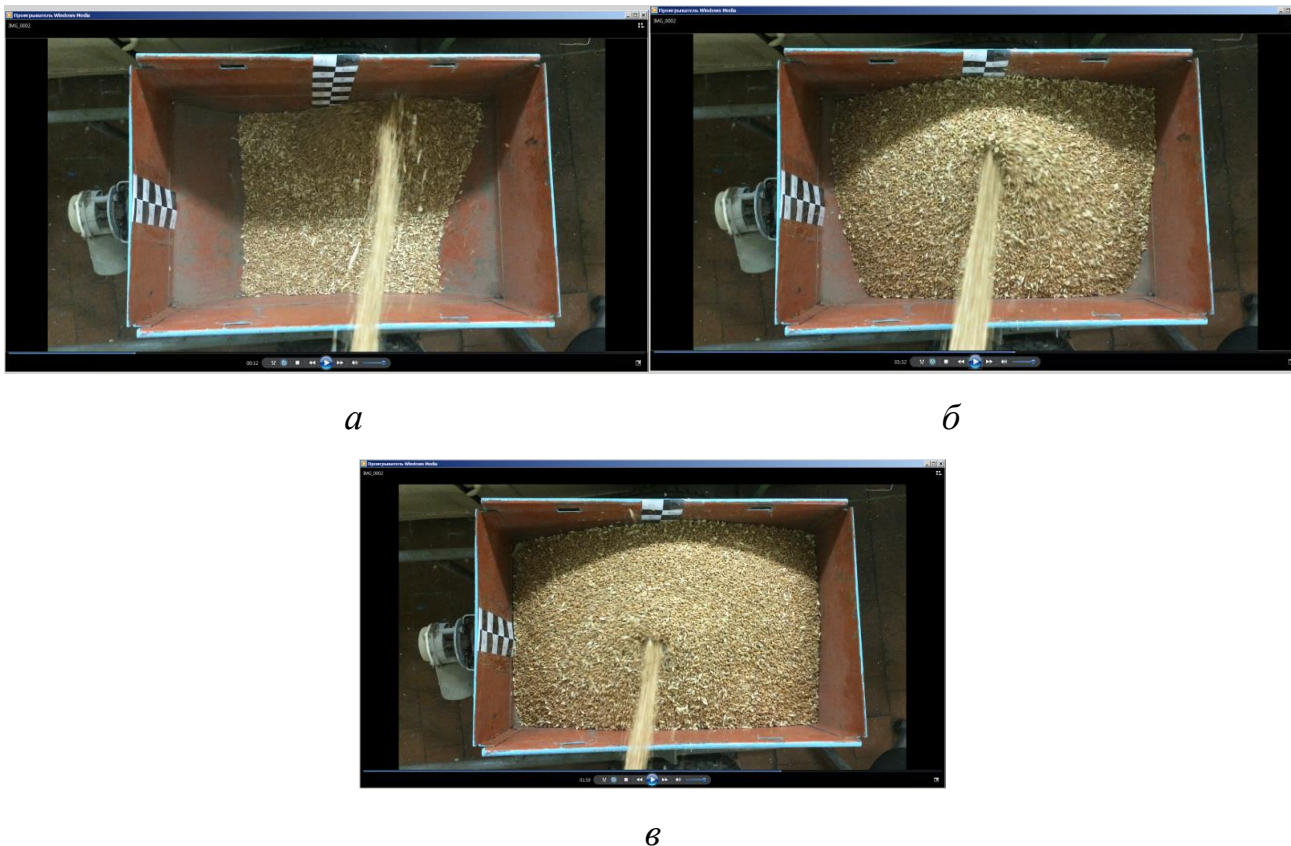


Рисунок 3.7 – Кадры, полученные в процессе исследования влияния места поступления зерна на эффективность разработанной системы оптического распознавания

3.5 Программа проведения опытно-производственной проверки

Опытно-производственная проверка проводилась на предприятии ОАО «Маяк». В качестве техники для испытания был выбран зерноуборочный комбайн ACROS 580 (базовой комплектации). Комбайн использовал загонный способ движения. Технология сбора и транспортировки зернового материала осуществлялась прямым способом с использованием в качестве автотранспорта самосвала ГАЗ-САЗ-

35071 с надставными бортами

Наблюдения проводились при помощи фотографии рабочего времени, для замеров применялся хронограф. Задачей исследования было определить на сколько минут уменьшится время ожидания транспортного средства комбайном для погрузочно-разгрузочных работ с использованием предлагаемого программно-аппаратного комплекса. Для этого была проведена серия замеров в течении рабочего дня, измерялось время работы комбайна в загоне; ожидание подъезда автотранспорта; время на выгрузку. Первый и второй день замеры проводились в обычном режиме (без использования дополнительных устройств). Третий и четвертый день с применением разработанного программно-аппаратного комплекса для мониторинга уровня зернового материала в бункере комбайна. Для его работы над бункером была установлена видеокамера, подсоединенная к блоку управления (Arduino) с модулем передачи данных на расстояние.

Тарировка проводилась следующим образом: бункер комбайна установили под самотек элеватора, синхронизировали программно-аппаратный комплекс с компьютером (установили интервалом записи показаний LLS-10сек), выставили сыпь на заполнение бункера в течение 10-15 мин, засекали время по секундомеру, отметили время срабатывания программы (для определения мертвой зоны под датчиком), после заполнения бункера отметили общее время заполнения, измерили среднюю влажность и натуру, выгрузили зерновой материал из комбайна в машину и взвесили ее на автовесах.

Во время уборочно-транспортного процесса водитель автотранспорта получал информацию о динамике наполняемости бункера в виде графика и основываясь на этих данных принимал решение о месте и времени подаче транспорта.

3.6 Программная реализация разработанного метода

Предлагаемая система оптического измерения объема зернового материала в бункере реализована программно на языке Object Pascal в среде программирования

Borland Delphi 7. «Программа для оптического определения уровня зерна в бункере комбайна» рассчитана на использование вычислительной техники с тактовой частотой процессора не ниже 1,3 ГГц, и объемом оперативной памяти не менее 256 Мбайт. Исходный текст программы имеет объем 9 Кбайт (Приложение А).

Программа позволяет обрабатывать поступающие фотографии с видеокамеры, установленной над бункером: расчетным методом определять границу между стенками бункера и свободной поверхностью зернового материала (рисунок 3.8), выстраивать, на этой основе, конфигурацию свободной поверхности зернового материала (рисунок 3.9) и рассчитывать объем зернового материала в бункере.

Программа применима в широком диапазоне оптических условий (общая яркость, запыленность), для бункеров различной формы и размеров.

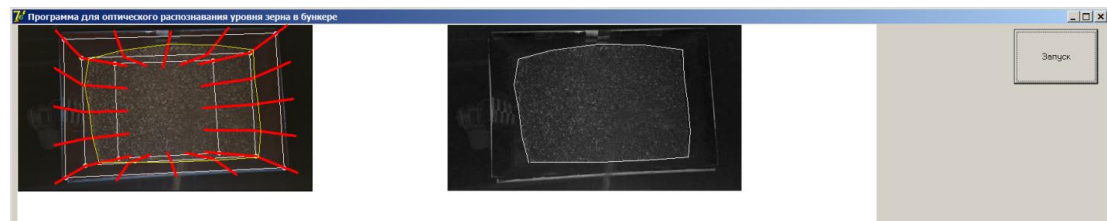


Рисунок 3.8 – Вывод результатов поиска границы между зерновым материалом и стенками бункера в разработанной программе

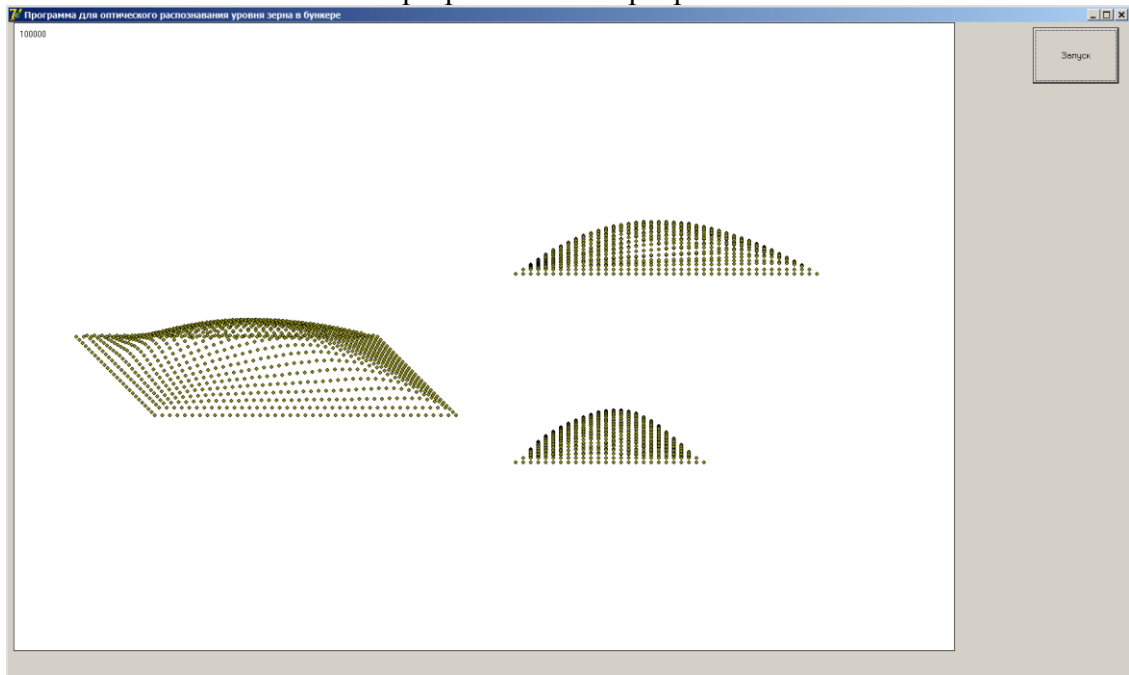


Рисунок 3.9 – Разработанная программа выводит результаты оптического определения конфигурации свободной поверхности зернового материала в бункере

Выводы по 3 главе

1. Разработана программа экспериментального исследования, для проверки работоспособности системы, оценки ее эффективности в различных условиях работы. Схематично показаны наиболее существенные внешние параметры, оказывающие влияние на эффективность разработанной системы (входные параметры), и показатели эффективности (выходные параметры).

2. В рамках разработанного метода границу между поверхностью зернового материала и стенками бункера предлагается искать в виде ломаной линии. С учетом формы лабораторного бункера, используется 16 отрезков: по 4 отрезка на каждую стенку бункера.

3. Разработана методика проверки работоспособности программы в зависимости от влияния оптических условий, оптических помех (перекрытие потоком зерновой массы), высокой детализацией сложной формы границы при засыпании зерновой массы в бункер.






4. Предлагаемая система оптического измерения объема зернового материала в бункере реализована при помощи программы для ЭВМ на языке Object Pascal в среде программирования Borland Delphi 7. «Программа для оптического определения уровня зерна в бункере комбайна»








ГЛАВА 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ОБЪЕМА ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ
ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ








4.1 Анализ данных, полученных в результате заполнения зерновым материалом лабораторного бункера







Результаты по порционному заполнению бункера, сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 Результаты опытов по порционному заполнению бункера

№	Vф, л	Фото наполняемости бункера	Vэ1, л.	Vэ2, л.	Vэ3, л.	Vэ4, л.	Vэ5, л.	Vэсп, л.	ε, %
1	1,5		1,42	1,46	1,45	1,45	1,42	1,44	4
2	3		2,96	3	2,94	2,97	2,98	2,97	1
3	4,5		4,51	4,58	4,65	4,64	4,52	4,58	1,7
4	6		6,18	6,09	6,12	6,19	6,17	6,15	2,5
5	7,5		7,42	7,88	7,97	8,18	7,55	7,8	4

№	Vф, л	Фото наполняемости бункера	Vэ1, л.	Vэ2, л.	Vэ3, л.	Vэ4, л.	Vэ5, л.	Vэср, л.	ε, %
6	9		9,43	9,21	9,15	9,47	9,49	9,35	3,8
7	10,5		10,24	9,98	10	9,99	10,39	10,12	3,6
8	12		12,15	12,32	12,16	12,20	12,47	12,26	2,1
9	13,5		13,79	13,5	13,81	13,73	13,67	13,7	1,5
10	15		15,5	15,67	15,3	15,36	15,32	15,43	2,8
11	16,5		15,97	15,94	16,3	16,13	16,01	16,07	2,6
12	18		18,58	18,44	18,52	18,47	18,54	18,51	2,8

№	Vф, л	Фото наполняемости бункера	Vэ1, л.	Vэ2, л.	Vэ3, л.	Vэ4, л.	Vэ5, л.	Vэср, л.	ε, %
13	19,5		19,06	19,17	19,49	19,05	19,23	19,2	1,5
14	21		20,41	20,61	20,59	20,91	20,78	20,66	1,6
15	22,5		23,08	22,65	23,07	23,07	22,81	22,94	2
16	24		24,88	24,46	24,58	24,43	24,1	24,49	2
17	25,5		26,21	26,19	26,22	26,23	25,65	26,1	2,4
18	27		27,08	27,08	26,98	28,01	27,8	27,39	1,4
19	28,5		29,17	29,15	28,02	29,14	29,12	28,94	1,5

№	Vф, л	Фото наполняемости бункера	Vэ1, л.	Vэ2, л.	Vэ3, л.	Vэ4, л.	Vэ5, л.	Vэср, л.	ε, %
20	30		31,02	29,97	30,03	30,12	30,01	30,23	0,7
21	31,5		30,64	30,96	31,78	31,34	30,98	31,14	1,1
22	33		33,01	33,29	33,93	34,05	33,82	33,62	1,9
23	34,5		34,55	35,5	34,53	35,23	35,09	34,98	1,4
24	36		37,38	37,26	36,28	37,33	36,8	37,01	2,8
25	37,5		38,98	37,98	38,53	37,6	38,16	38,25	1,2

На основе полученных данных построена зависимость объема зернового материала от номера цикла досыпания, и получены соответствующие результаты системы измерения уровня зернового материала в бункере (рисунок 4.1).

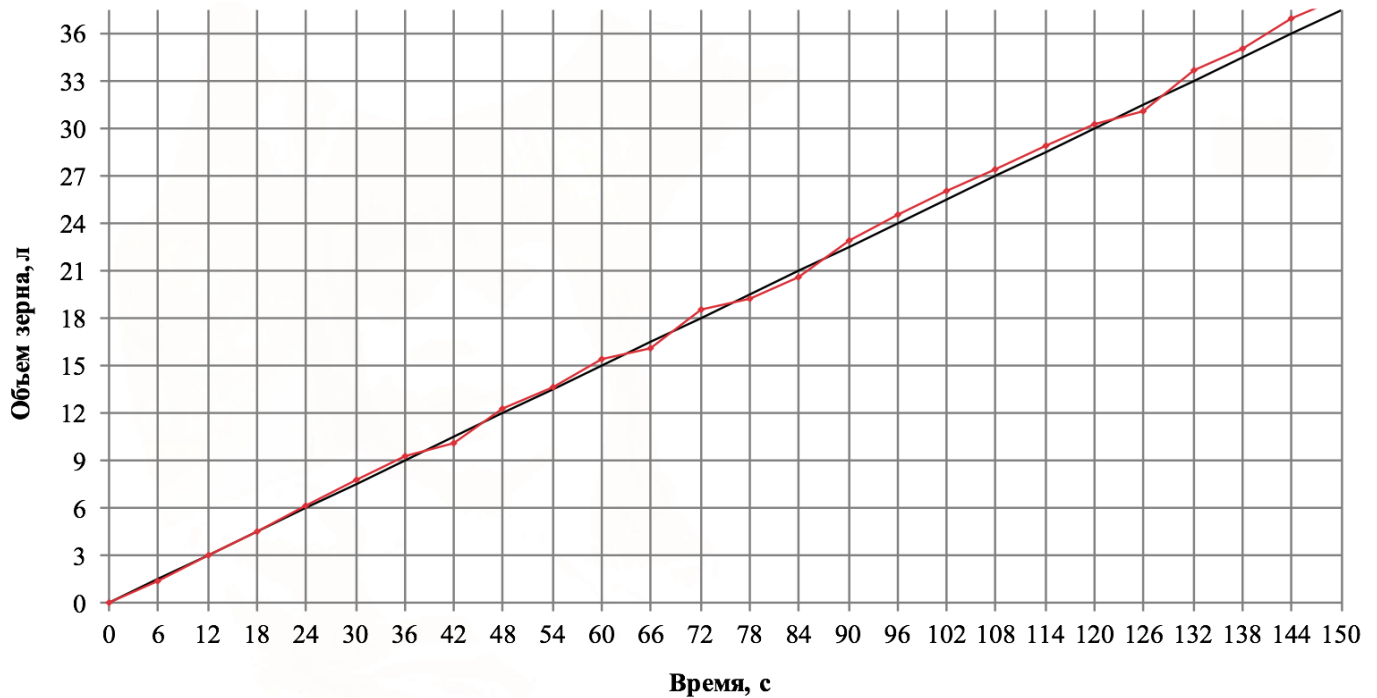


Рисунок 4.1 – Зависимость объема зернового материала V в бункере от времени t : красная линия – результаты оптического измерения; черная линия – реальный объем

Погрешность в определении объема зернового материала в бункере не превышает 4 % при заполнении бункера. Рост ошибки по мере заполнения бункера, связан с ростом оптических перспективных искажений по мере движения границы к краю изображения и с формированием выраженной несимметричной горки зернового материала, не до конца учитываемой в модели. Средняя погрешность оптического измерения уровня зернового материала составляет около 2 %.

Таким образом, разработанный метод оптического измерения уровня зернового материала в бункере обеспечивает надежное измерение во всем диапазоне уровня заполнения бункера со средней погрешностью около 2 % и максимальной погрешностью 4 % при практически полном заполнении бункера.

4.2 Результаты определения влияния общего уровня яркости на точность и время срабатывания предложенного метода

Обнаружено, что для слишком темных и слишком светлых изображений увеличивается время, необходимое для надежного поиска границ изображения (рисунок 4.2, *а*) из-за увеличения количества шагов поиска на изображении оптимального местоположения отрезков границы. Поиск на слишком ярком или слишком темном изображении затрудняется уменьшением динамического диапазона яркости.

Также, на слишком ярких и слишком темных изображениях увеличивается погрешность определения объема зернового материала до 6 ... 8 %, тогда как при средних значениях яркости погрешность составляет около 3 % (рисунок 4.2, *б*).

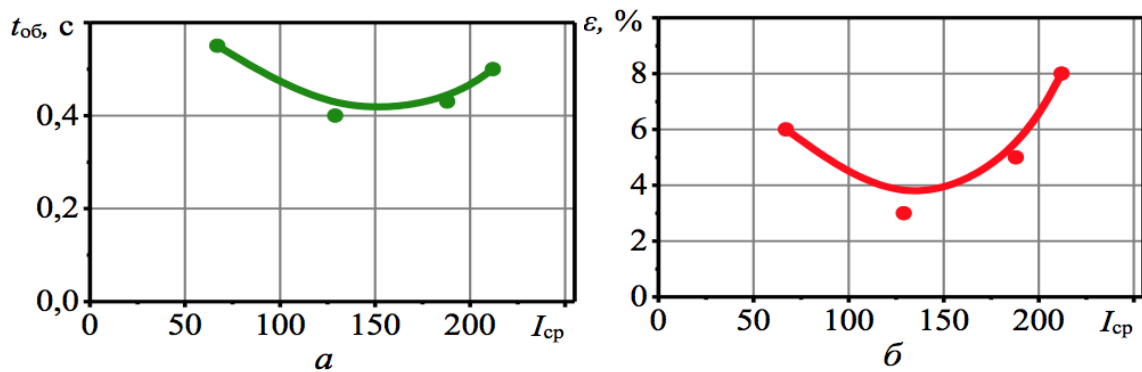


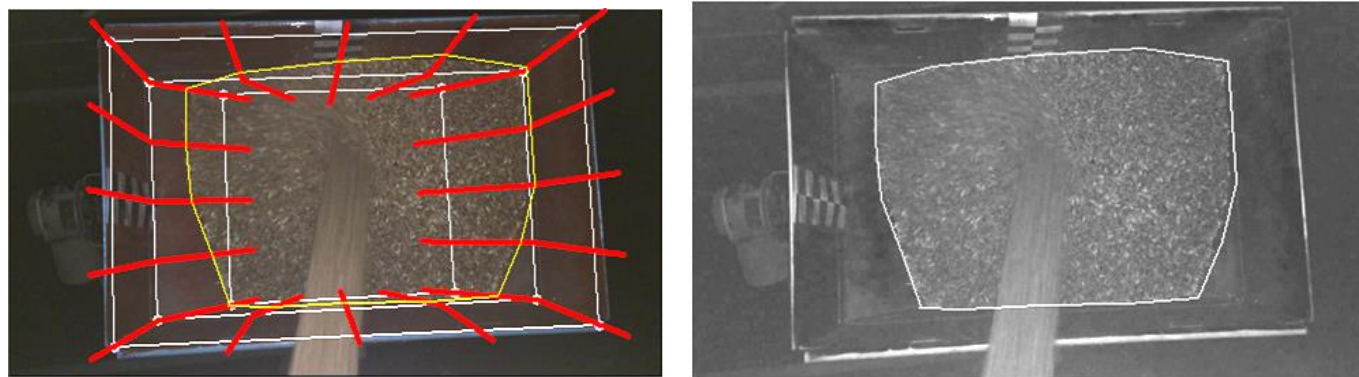
Рисунок 4.2 – Влияние средней яркости изображения (в формате от 0 до 255 ед.) на показатели эффективности разработанного метода оптического распознавания: *а* – время $t_{об}$ обработки одного кадра; *б* – относительную погрешность ϵ определения объема зернового материала в бункере

Таким образом, разработанный метод остается работоспособным в широком диапазоне средней яркости. Для повышения точности измерения объема зернового материала и ускорения обработки целесообразно использовать средние значения яркости с широким динамическим диапазоном изменения интенсивности по изображению.

4.3 Результаты определения влияния степени перекрытия изображения зерновым материалом на точность и время срабатывания предложенного метода

Обнаружено, что даже в случае существенного перекрытия потоком зернового материала границы между поверхностью зернового материала и стенками бункера

разработанный метод сохраняет работоспособность (рисунок 4.3).



a

б

Рисунок 4.3 – Результат обработки кадров с сильным перекрытием потоком зернового материала границы между зерновым материалом и бункером: *a* – исходное изображение с указанием ключевых геометрических элементов бункера; *б* – преобразованное изображение с наложением найденной границы между поверхностью зернового материала и стенками бункера

На рисунке 4.4 представлены графики влияния P на время надежной обработки изображений и погрешности.

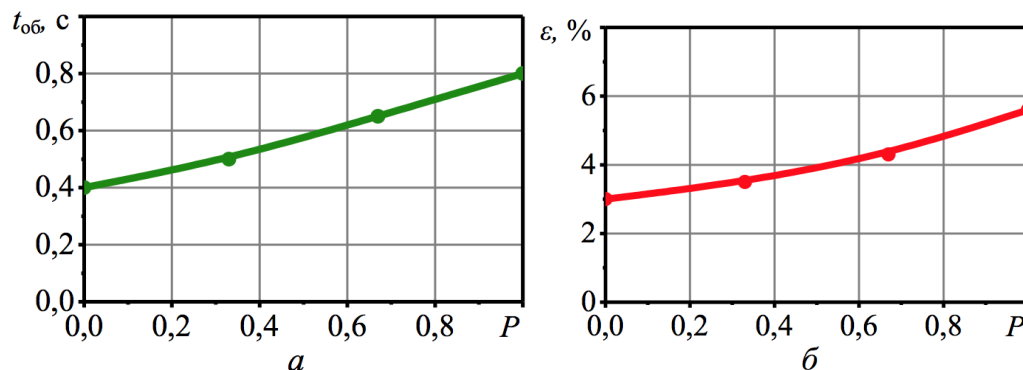


Рисунок 4.4 – Влияние степени перекрытия изображения P на показатели эффективности метода оптического определения объема зернового материала в бункере: *a* – время $t_{об}$ обработки одного кадра; *б* – относительную погрешность ϵ определения объема зернового материала в бункере

С увеличением уровня перекрытия изображения посторонними объектами несколько ухудшаются возможности оптического обработки, что проявляется в увеличении времени надежной обработки изображения с 0,4 до 0,8 с (рисунок 4.7, *a*), и увеличении погрешности с 3,0 % до 5,6 % (рисунок 4.7, *б*). Увеличение времени обработки связано с необходимостью увеличивать количество шагов в цикле поиска

каждого элементарного отрезка границы, а погрешность увеличивается из-за сложности в принципе определить границу из-за перекрытия изображения посторонними объектами. Однако, даже в случае сильного перекрытия изображения разработанный метод сохраняет работоспособность.

Таким образом, разработанный метод позволяет определять объем зернового материала в бункере с приемлемой точностью и за разумное время обработки даже в случае сильного запыления или перекрытия границ потоком зернового материала или элементами конструкции.

4.4 Результаты влияния цвета зернового материала на точность и время срабатывания предложенного метода

Обнаружено, что насыщенность желтого цвета оказывает слабое влияние на эффективность разработанного метода (рисунок 4.5).

С увеличением насыщенности желтого цвета улучшаются возможности оптического отделения на изображении области зернового материала от области бункера, поэтому время надежной обработки снижается (рисунок 4.5, *а*). Погрешность определения объема слабо зависит от насыщенности желтого цвета зернового материала (рисунок 4.5 *б*).

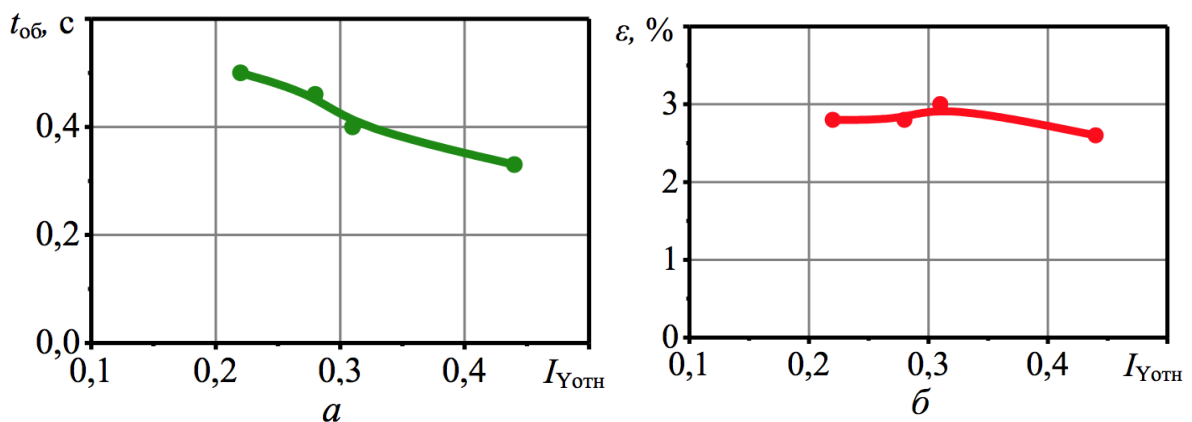


Рисунок 4.5 – Влияние цвета зернового материала на показатели эффективности метода оптического определения объема зернового материала в бункере: *а* – время $t_{об}$ обработки одного кадра; *б* – относительную погрешность ε определения объема зернового материала в бункере

Таким образом, разработанный метод позволяет надежно определять объем зернового материала в бункере. С увеличением насыщенности желтого цвета снижается время надежной обработки изображения.

4.5 Результаты влияния места расположения входной трубы на точность и время срабатывания предложенного метода

Время надежной обработки практически не зависит от места поступления потока, так как определяется не столько геометрическими факторами, сколько оптическими условиями (рисунок 4.6, *а*). Погрешность незначительно убывает с удалением места падения зернового материала от стенки и приближением к центру бункера от 4 до 3% (рисунок 4.6, *б*).

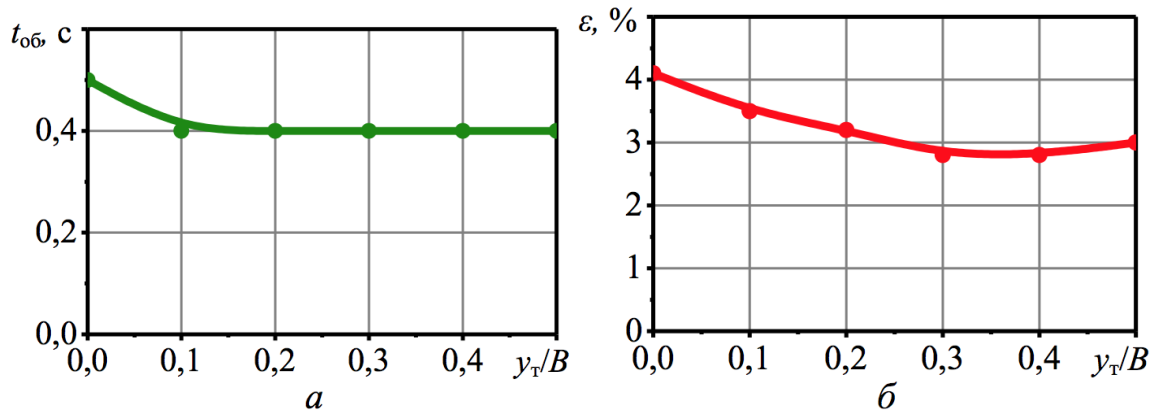


Рисунок 4.6 – Влияние положения места поступления зернового материала на показатели эффективности метода оптического определения объема зерна в бункере: *а* – время $t_{об}$ обработки одного кадра; *б* – относительную погрешность ε определения объема зерна в бункере

Чем ближе поступает зерновой материал к стенке бункера, тем более несимметричной оказывается горка зернового материала, и тем сильнее перекрывается потоком граница между поверхностью зернового материала и стенками бункера, что влечет увеличение погрешности определения объема.

Таким образом, разработанный метод определения объема зернового материала в бункере сохраняет высокую эффективность независимо от места поступления

зернового материала. Чем ближе место поступления зернового материала к стенкам бункера, тем выше погрешность определения объема и время надежной обработки изображения.

4.6 Формирование углубления поверхности зернового материала при производственном эксперименте

Из-за добавления данных граничных условий поверхность в модели изгибается в центре таким образом, чтобы формировать углубление с углом естественного откоса φ_{eo} (рисунок 4.7).

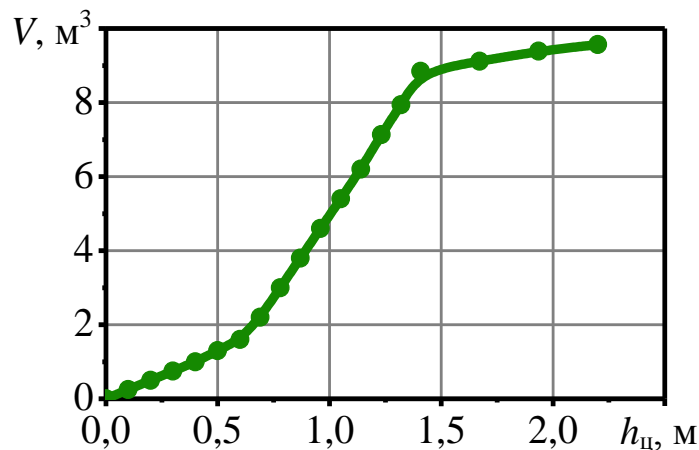


Рисунок 4.7 – Зависимость объема зерна в бункере V от высоты поверхности в центре $h_{ц}$ при выгрузке

Объем зернового материала в бункере существенно нелинейно зависит от высоты поверхности зернового материала в центре бункера (рисунок 4.7). Так, при начале формирования углубления в центре, с уменьшением $h_{ц}$ в широком диапазоне от 2,2 до 1,4 м объем зернового материала уменьшается слабо: от 9,6 до 8,9 м³. Однако при дальнейшем уменьшении $h_{ц}$ происходит «разворот» поверхности: поверхность зернового материала из преимущественно выпуклой становится преимущественно вогнутой. При этом уменьшение $h_{ц}$ с 1,4 до 0,5 м приводит к резкому уменьшению объема зернового материала: с 8,9 до 1,5 м³. При дальнейшем умень-

шении $h_{ц}$ зернового материала, оставшееся в в призматической части бункера удаляется с меньшей скоростью (участок $h_{ц} = 0,0 \dots 0,5$ м).

Графики полученные при помощи программно-аппаратного комплекса во время производственной проверки показаны на рисунке 4.8.

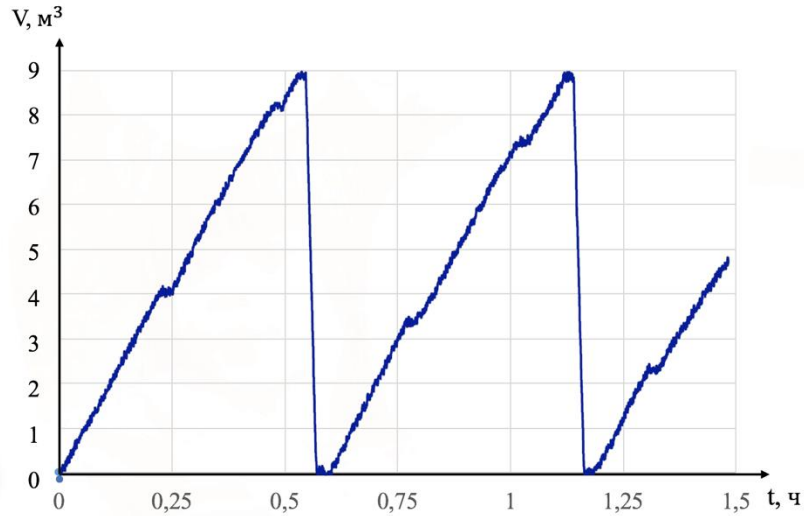


Рисунок 4.8– Зависимость объема зернового материала в бункере V от времени t в процессе полевого эксперимента

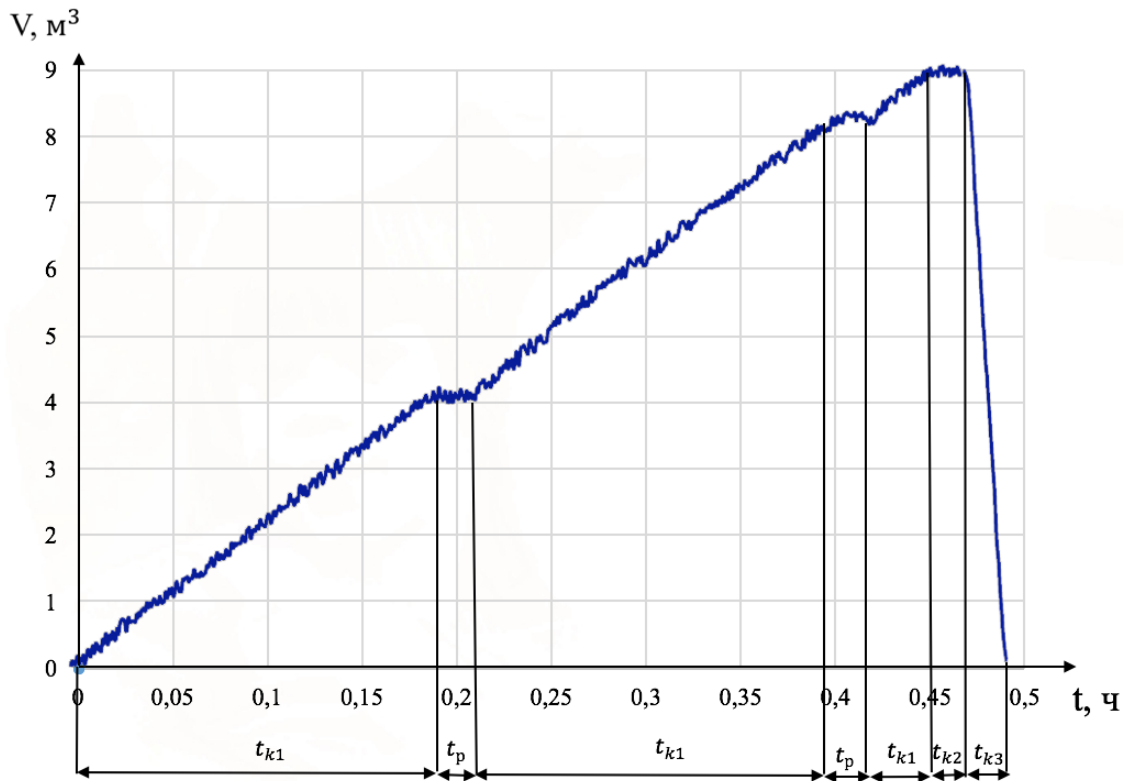


Рисунок 4.9 – Зависимость объема зернового материала в бункере V от времени t в процессе полевого эксперимента, с определением затрат времени на основные этапы работы комбайна в поле.

Оптические измерения объема зернового материала проводились с интервалом 3 с. Случайная погрешность составляла около 1,5 %, систематическая погрешность около 4 %.

Выводы по 4 главе

1. Экспериментальная проверка показала, что разработанный метод оптического измерения уровня зернового материала в бункере обеспечивает надежное измерение во всем диапазоне уровня заполнения бункера со средней погрешностью около 4 %.

2. Разработанный метод остается работоспособным в широком диапазоне общей яркости от 0,22 до 0,44. Для повышения точности измерения объема зернового материала и ускорения обработки целесообразно использовать средние значения яркости с широким динамическим диапазоном изменения интенсивности по изображению.

3. Разработанный метод позволяет определять объем зернового материала в бункере с точностью 3 – 7% и за время обработки от 0,4 до 0,8 с даже в случае сильного перекрытия границ потоком зерновой массы или элементами конструкции.

4. Разработанный метод определения объема зернового материала в бункере сохраняет высокую эффективность независимо от места поступления зернового материала. Чем ближе место поступления зернового материала к стенкам бункера, тем выше погрешность определения объема и время надежной обработки изображения.

ГЛАВА 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕННЫХ РЕШЕНИЙ

Технико-экономическое обоснование проведено с целью определения целесообразности применения программно-аппаратного комплекса в качестве устройства для мониторинга уровня зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна.

Предполагаемым эффектом применения предлагаемого способа является сокращение простоев транспортных и технологических машин, соблюдение агротехнических сроков уборки.

Расчет показателей экономической эффективности проводим согласно ГОСТ Р 53056 – 2008 [46] и по рекомендациям [42].

5.1 Общие положения методики расчета модернизации комбайна

Стоимость модернизации $C_{\text{мод}}$ комбайна, находим по формуле:

$$C_{\text{мод}} = C_{\text{м}} + C_{\text{изг}} + C_{\text{сб}} + \Phi; \quad (5.1)$$

где $C_{\text{м}}$ – затраты на материалы, из которых изготовлено устройство, руб.; $C_{\text{изг}}$ – затраты на изготовление устройства, руб.; $C_{\text{сб}}$ – затраты на сборку устройства и его установку на машину, руб.; Φ – Прочие прямые затраты, руб.

Затраты на изготовление устройства составят:

$$C_{\text{изг}} = C_{\text{п}} + C_{\text{к}}; \quad (5.2)$$

где $C_{\text{п}}$ – затраты на пайку соединений прибора; $C_{\text{к}}$ – затраты на калибровку прибора;

Затраты на материалы, из которых изготовлено устройство считаются по таб-

лице 5.1:

Таблица 5.1 – Затраты на материалы для устройства

Наименование	Ед.изм	Кол-во	Цена, руб.	Сумма, руб.
Гофра	м.п.	2	3,18	6,36
Провод	м.п.	2	14,68	29,36
Видеокамера	шт	1	2196,1	2196,1
Блок управления	шт	1	1596,98	1596,98
Корпус блока управления	шт	1	177,88	177,88
Корпус для камеры	шт	1	131,12	131,12
Крепеж	компл.	1	230,35	230,35
Итого				4368,15

Допускаем, что организовано безотходное производство

Затраты на пайку составляют 15,50 руб/ ед., затраты на калибровку прибора составляют 100 руб./ед.

Затраты на работы по модернизации машины определяем по формуле:

$$C_{сб} = Z_{сб} \cdot H_{сб}; \quad (5.3)$$

где $Z_{сб}$ – средняя тарифная ставка слесаря-сборщика, руб/ч; $H_{сб}$ – трудоемкость установки устройств на машину, чел/ч.

Средняя тарифная ставка слесаря-сборщика составляет 130 руб/ч. Трудоемкость установки составляет 1 чел/ч.

Для обеспечения работы программно-аппаратного комплекса для мониторинга уровня зернового материала в бункере необходимо подключить прибор к системе навигации комбайна, это и будут, прочие прямые затраты Φ , которые составят 800 руб. Прибор устанавливается в бункер комбайна и подключается к системе навигации, для организации передачи данных диспетчеру.

Таким образом общие затраты на устройство с его сборкой, установкой, тарировкой и подключением к навигационной системе составят 5 413,65 руб.

5.2 Расчет экономической эффективности предложенного технического реше-

ния

Исходные данные для расчета экономической эффективности представлены в таблице 5.2:

Таблица 5.2 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Показатели	Обозначение	Ед.изм.	Значение
1	Количество обслуживающего персонала	n	чел.	1
2	Отчисления на реновацию	α	%	11,1
3	Отчисление на ТО, ТР и КР	N_p	%	8
4	Тарифная ставка оператора	$Z_{оп}$	руб./чел-час.	115,5
5	Нормативная годовая загрузка	T_z	час.	400
6	Производительность	Q	т/час.	20
7	Цена комбайна	Ц	руб.	8 669 106
8	Учётная годовая ставка по кредитам банка или вкладу в банк	NS	%	18
9	Срок службы	T	лет	9
10	Убираемая площадь	S_y	га	3 044
11	Урожайность	У	ц/га	42,6
12	Количество уборочной техники	n_y	ед	10
13	Производительность комбайна ACROS 580	W_k	га/ч	4,15
14	Средняя стоимость аренды комбайна	$Ц_{ак}$	руб./га	4500
15	Стоимость 1 тн урожая	$Ц_z$	руб.	8000

Произведем расчет эксплуатационных издержек по предлагаемому способу модернизации комбайна. Экономия прямых эксплуатационных затрат на единицу наработки определяется исходя из изменения затрат на оплату труда, амортизацию, затрат на текущий ремонт и на техобслуживание.

Расчет удельных затрат на оплату труда обслуживающего персонала, определяется из следующего выражения:

$$O_T = \frac{Z_{оп} \cdot n}{Q} \quad (5.4)$$

Удельные затраты на оплату труда обслуживающего персонала для базового варианта и проектируемого будут одинаковыми.

Удельные затраты на амортизацию, рассчитываются по формуле:

$$A = \frac{B \cdot \alpha}{100 \cdot T_3 \cdot Q} \quad (5.5)$$

где B - балансовая стоимость машин, руб; α – цена машин, установленных в комплексе, руб; α - отчисления на реновацию, %; T_3 – годовая загрузка, ч.

Удельные затраты на ТО, ТР и КР:

$$P = \frac{B \cdot N_p}{100 \cdot T_3 \cdot Q} \quad (5.6)$$

где N_p - отчисления на ТО, текущий и капитальный ремонт, %.

Удельные эксплуатационные затраты, определяются по формуле:

$$U = O_T + A + P; \quad (5.7)$$

Полученные данные сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Затраты на прямые эксплуатационные затраты

Показатель	Буквенное обозначение	Сумма, руб.	
		Для базового	Для проектируемого
Удельные затраты на оплату труда	O	5,80	5,80
Удельные затраты на амортизацию	A	168,03	168,10
Удельные затраты на ТО,ТР,КР	P	121,11	121,16
Удельные затраты на эксплуатационные затраты	U	294,91	295,03

Определяем размер экономии/перерасхода эксплуатационных издержек за сезон по проектируемому прибору по формуле:

$$\mathcal{E}_r = (U_{\text{баз}} - U_{\text{пр}}) \cdot 20 \cdot 400; \quad (5.8)$$

Из этого следует, что общий перерасход эксплуатационных издержек за год составит 954,31 руб.

Использование прибора на 1 комбайне предприятия нецелесообразно, в виду необходимости установления контроля за всем объемом собираемого зерна.

На парк анализируемого предприятия из 10 комбайнов издержки составят:

$$\mathcal{E}_{\text{г общ}} = \mathcal{E}_{\text{г}} \cdot 10; \quad (5.9)$$

Таким образом, в случае установки приборов на все комбайны предприятия прирост общих годовых издержек составит 9 543,10 руб.

Однако следует учесть, что основной задачей данного устройства является сокращения времени ожидания погрузочно-разгрузочных работ транспортными и технологическими машинами. Это позволит избежать потерь связанных с использованием наемной техники или потерь от самоосыпания зерна.

В случае использования арендованной техники экономический эффект рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{а}} = W_{\text{к}} \cdot t \cdot C_{\text{а}} \quad (5.10)$$

где t – время работы комбайна на поле.

Согласно протоколам фотографии рабочего времени проведенных на предприятии (приложение В), предлагаемое устройство позволяет увеличить время полезной работы смены на 12%.

Учитывая расходы на стоимость оборудования и эксплуатационные издержки экономический эффект составит 196 004 руб.

Выводы по 5 главе

1. Для реализации предложенного программно-аппаратного комплекса для мониторинга уровня зернового материала в бункере комбайна необходимы затраты на

сборку, установку, тарировку и подключение к навигационной системе. Расчеты показали, что стоимость всего вышеперечисленного составляет 5 413,65 руб.

2. Произведен расчет эксплуатационных издержек по предлагаемому способу модернизации комбайна, определено, что в случае установки приборов на все комбайны предприятия прирост общих годовых издержек составит 9 543,10 руб.

3. Экономический расчет показал, что сокращение расходов от использования арендованной техники составит 196 004 руб.

4. Использование предлагаемого программно-аппаратного комплекса позволит сократить время уборочного процесса для предприятия ОАО «Маяк», на 12%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Затраты времени на выполнение транспортных процессов при уборке зерновых культур складываются из следующих этапов: перемещения транспортных и технологических машин на поле; выполнения уборочных операций с заполнением бункера; ожидания комбайном транспортного средства; разгрузки бункера и транспортировки урожая на ток с последующей выгрузкой. Система учета затрат времени должна оперативно фиксировать затраты времени на каждом технологическом этапе и выявлять соответствующие нерациональные затраты времени уборочных и транспортных машин с использованием мониторинга объема зернового материала в бункере комбайна.

2. Предложенная математическая модель определения затрат времени на выполнение этапов уборочно-транспортного процесса на основе мониторинга наполненности бункера зерноуборочного комбайна позволяет проводить оценку эффективности этапов транспортного процесса и добиться увеличения времени полезной работы смены комбайна до 12%.

3. Разработанная методика мониторинга объема зернового материала в бункере комбайна с использованием машинного зрения обеспечивает распознавание границ и конфигурации насыпной поверхности зернового материала, построение ее цифровой модели и возможность обработки изображений с учетом общего уровня яркости, цвета, места и интенсивности поступления зернового материала, перекрывающих изображение элементов конструкции комбайна. Предложенная методика обеспечивает надежное измерение во всем диапазоне уровня заполнения бункера со средней погрешностью около 4 % и максимальной – 8 %.

4. Экспериментальными исследованиями установлено, что на изображениях с общей яркостью 67 и 212 единиц увеличивается погрешность определения объема зернового материала до 8 %, тогда как при средних значениях яркости погрешность составляет около 3 %. С увеличением уровня перекрытия изображения посторонни-

ми объектами увеличивается время обработки изображения с 0,4 до 0,8 с и погрешность с 3,0 % до 5,6 %. Выявлено, что насыщенность желтого цвета оказывает слабое влияние на эффективность оценки. Время обработки изображения в этом случае находится в диапазоне от 0,3 до 0,5 с. Установлено, что время обработки практически не зависит от места поступления потока, так как определяется не столько геометрическими факторами, сколько оптическими, и составляет 0,4 с. Погрешность незначительно убывает с удалением места падения зерна от стенки и с приближением к центру бункера от 4 % до 3%.

5. Предложенный программно-аппаратный комплекс (свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2018614033) для определения объема зернового материала в бункере зерноуборочного комбайна, включающий видеокамеру, кронштейн, блоки управления и передачи данных на сервер, а также программную часть, позволяет его использовать без внесения существенных конструктивных изменений в зерноуборочных комбайнах и другой сельскохозяйственной технике и получать информацию о наполненности бункера комбайна в реальном режиме времени. Расчет экономических показателей при использовании программно-аппаратного комплекса показал (на примере ОАО «Маяк»), что дополнительная прибыль предприятия от сокращения простоев транспортных и технологических машин в ожидании выгрузки при уборке пшеницы в объеме 1670 т составила 196 004 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Адамов, В. Е. Статистика промышленности: учебное пособие/ В.Е. Адамов, Э.В. Вергилес – М.: Финансы и статистика, 2005. – 326 с.
- 2 Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных решений: учебное пособие / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
- 3 Акаткин, Ю.А. Применение геоинформационных систем и спутникового мониторинга в сельском хозяйстве России/ Ю.А. Акаткин// АПК: экономика, управление. – 2007. – С.17 -19.
- 4 Алдошин, Н.В. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве/ Н.В. Алдошин, Н.И. Стружкин – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 153 с.
- 5 Алдошин, Н.В. Маршрутизация помашинных перевозок грузов: учебное пособие/Н.В. Алдошин – Москва:ООО УМЦ «Триада»,2016. – 38 с.
- 6 Алдошин, Н. В. Оптимизация транспортных процессов: учебное пособие/ Н. В. Алдошин, Р. Н. Егоров — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. - 40 с.
- 7 Алдошин, Н.В. Повышение адаптации транспортных машин к перевозке сельскохозяйственных грузов/Д.Н. Алдошин, Н.В. Алдошин, А.С. Пехутов// Из-во Клюев Сергей Васильевич – 2017. – С. 33-35.
- 8 Алдошин, Н.В. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие/Н.В. Алдошин. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2014. – 149 с.
- 9 Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов/ Т.Андерсон – М.: Мир, 1976. – 757 с.
- 10 Анучин О.Н. Интегрированные системы ориентации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И. Емельянцева// ГНЦ РФ-ЦНИИ «Электроприбор». - 2003.— 390 с.
- 11 Аренс, Х. Многомерный дисперсионный анализ / Х. Аренс, Ю. Лейтер. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 231.

12 Афифи А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ/ А. Афифи, С. Эйзен – М.:Мир, 1982. – 488 с.

13 Балабанов, В.И. «Интернет вещей» в сельском хозяйстве/В.И. Балабанов, М.С. Романенкова// Доклады ТСХА: мат. междунар. науч. конф., посвящ. 130-летию Н.И. Вавилова. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ МСХА имени К.А. Тимирязева. 2018.– С. 71-74.

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

15 Балабанов, В.И. Обзор инновационных разработок в области точного земледелия/В.И. Балабанов// Агротехника и технологии. – 2018. - №2 – С. 24-27.

16 Балабанов, В.И. Обзор технологических решений для уборочной техники/В.И. Балабанов// Агротехника и технологии. – 2016. - №4 – С. 19-21.

17 Балабанов, В.И. Основной инструмент в координатном земледелии/В.И. Балабанов// Вестник ГЛОНАСС. – 2014. - №2 – С. 40-47.

18 Балабанов, В.И. Полевая стратегия. Внедрение инноваций в координатном земледелии/В.И. Балабанов// Агротехника и технологии. – 2016. - №5 – С. 50-53.

19 Балабанов, В.И. Результаты оптимизации уборочно-транспортного комплекса по уборке хлопка в условиях сирийской арабской республики/А.Д. А Алхамад, Н.А. Майстренко, В.И. Балабанов// Вестник ФГОУ ВПО МГАУ – 2018. - №1(83) – С. 48-51.

20 Балабанов, В.И. Управление сельхозпредприятием с использованием космических средств навигации (ГЛОНАСС) и дистанционного зондирования земли: монография/ Е.Ф. Шульга, А.О. Куприянов, В.К. Хлюстов, В.И. Балабанов, А.М. Зейлигер. – М.: ФГБОУ ВО РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016. – 286 с.

21 Бачурин, А.Н. Повышение производительности машинно-тракторных агрегатов при работе на опытной агротехнологической станции ФГБОУ ВПО РГАУ с

использованием системы спутникового контроля и мониторинга/А.Н. Бичурин, Д.О. Олейник, И.Ю. Богданчиков// Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы: мат. 65-й междунар. научно-практ. конф. – 2014. – С. 26-32.

22 Бачурин, А.Н. Спутниковый контроль и мониторинг для оптимизации работы агрегатов/А.Н. Бичурин, Д.О. Олейник, И.Ю. Богданчиков// Сельский механизатор. – 2015. – №7. – С. 4-5.

23 Бикел, П. Математическая статистика / П. Бикел, К. Доксам. – Вып.1. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 278 с.

24 Богданчиков, И.Ю. Использование информационных технологий в механизации сельского хозяйства/И.Ю. Богданчиков// Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – С. 69-71.

25 Богданчиков, И.Ю. Новые принципы повышения производительности зерноуборочных комбайнов/В.В. Коченов, Н.Е. Лузгин, И.Ю. Богданчиков// Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России: мат. нац. научно-практ. конф. – Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – С. 98 -102.

26 Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление/ Дж. Бокс., Г. Дженкинс. – М.: Мир, 1974. – Вып. 1. – 406 с.

27 Бункеры-перегрузжатели для логистических «изысков» [Электронный ресурс]/ Журнал «Зерно»// М. – 2017. – Режим доступа: <http://www.zerno-ua.com/journals/2012/nyabr-2012-god/bunkery-peregruzhateli-dlya-logisticheskikh-izyskov>

28 Бурак, П.И. Реализация инновационных технологий технического сервиса/ П.И. Бурак, В.М. Голубев – М.: ФГНУ « Росинформагротех», 2014. – 160 с.

29 Бурьянов, М.А. Оценка новых нетрадиционных технологий уборки зерновых колосовых культур/ Бурьянов А.И., Дмитренко А.И., Бурьянов М.А.// Техника и оборудование для села. – 2010. – № 12. – С. 16-19.

30 Бурьянов, А. И. Разработка ресурсосберегающей технологии уборки зерно-

вых культур и типоразмерного ряда навесных на комбайны классов 6-10 кг/с трансформируемых очесывающих жаток/ А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов// Вестник аграрной науки Дона. – 2011. – № 1 (13). – С. 39-48.

31 Бышов, Н.В. Геоинформационные системы в сельском хозяйстве/ Н.В. Бышов, Д.Н. Бышов// ФГБОУ ВПО РГАТУ. - 2013. - 169 с.

32 Бышов, Н.В. Повышение эффективности эксплуатации автотранспорта и мобильной сельскохозяйственной техники при внутривозвратных перевозках/Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, Г.К. Рембалович, И.А. Юхин, Н.В. Аникин //Научный журнал КубГАУ. – 2013. - №. 88. – С.519-529.

33 Валге, А.М. Мониторинг машинно-тракторных агрегатов с использованием спутниковых навигационных систем/ А.М. Валге// Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства. – 2013. – С. 28-36.

34 Вентцель, Е.С. Теория вероятностей/ Е.С. Вентцель. – М.: Изд-во "Наука", 1969. – 576 с.

35 Войтюк Д. Г. Сельскохозяйственные машины: учебник. 2-е изд/ Д.Г. Войтюк. – К.: Каравелла, 2008. – 552 с.

36 Гаврюшин С. С. Расчет и оптимизация весоизмерительного датчика автомобильных весов/ С.С. Гаврюшин, А.В. Непочатов // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. - 2014. – № 4 (22). – С. 88-92.

37 Гамбаров, Г.М. Статистическое моделирование и прогнозирование: учебное пособие / Г. М. Гамбаров, Н. М. Журавель, Ю. Г. Королев; под ред.: А. Г. Гранберга. - М.: Финансы и статистика, 2000. – 340 с.

38 Гассельберг, М.А. Применение имитационного моделирования при анализе эффективности процессов перегрузки зерна/ М.А. Гассельберг, А.В. Синельщиков// ВАГТУ. – 2011. – С. 31-35.

39 Геометрическая инвентаризация зерна [Электронный ресурс]/ электрон. данные// Полтава. – 2017. – Режим доступа: <http://elevatorist.com/blog/read/19-geometricheskaya-inventarizatsiya-zerna->

40 Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие для вузов/ В.Е. Гмурман – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

41 Горбачев, И.В, Организация и технология уборки зерновых уборочно-транспортными комплексами / И.В. Горбачев// Издательство «Высшая школа». – 1983. – 126 с.

42 Горланов, С.А. Экономическая оценка проектных разработок в АПК: Учебно-методическое пособие. Часть 1. Методические указания/ С.А. Горланов, Е.В. Злобин. – Воронеж: ВГАУ, 2002. – 66 с.

43 ГОСТ Р 7.0.5-2008. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления. – Введ. 28.04.2008. – М. : Изд-во стандартов, 2008. – 19 с.

44 ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация и автореферат диссертации. Структура и правила оформления. – Введ. 13.12.2011. – М. : Изд-во стандартов, 2012. – 12 с.

45 ГОСТ Р 52778-2007 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно- технологической оценки. – Введ. 01.07.2008. – М.: Стандартинформ, 2008. – 33с.

46 ГОСТ Р 53056 – 2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 17.12.2008. – М.: Стандартинформ, 2009. – 19 с.

47 Гудков, Д.А. Повышение эффективности уборки зерновых культур путем обоснования сроков начала уборки и режимов работы зерноуборочных комбайнов в условиях Северо-Запада РФ: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. (05.20.01)/ Денис Александрович Гудков; ГНУ СЗНИИМЭСХ. — СПВ, 2003. — 150 с.

48 Гулд, Х. Компьютерное моделирование в физике/ Х. Гулд, Я Тобочник – М.: Мир, 1990. – 400 с.

49 Гусев, С.А. Сравнительный анализ спутниковых систем навигации для автомобильного транспорта/ С.А. Гусев// Райт-ЭКСПО. – 2016. – С.185-187.

50 Дегтярев, Ю. И. Методы оптимизации: учебное пособие для вузов / Ю. И. Дегтярев. – М. : Сов. радио, 1980. – 272 с.

51 Дидманидзе, О.Н. Транспортные и транспортно-технологические процессы:

учебное пособие/О.Н. Дидманидзе, Д.Г. Асадов, А.В. Карев, Р.Н. Егоров, А.Н. Журилин – М.:ООО УМЦ «Триада», 2016. – 163 с.

52 Дидманидзе, О.Н. Техническая эксплуатация автомобилей: учебное пособие/ О.Н. Дидманидзе, А.А. Солнцев, Г.Е. Митягин. – М.: УМЦ «Триада», 2012. – 455 с.

53 Дорохов, А.С. Компьютерное зрение как инструмент системы управления технологическими процессами/А.С. Дорохов// Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 145-летию со дня рождения основоположника земледельческой механики В.П. Горячкина. – 2013. – 355-357.

54 Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн. 2 / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 351 с.

55 Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования/ Т.А. Дуброва. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 133 с.

56 Евтюшенков, Н.Е. Научные основы развития перспективной системы транспортного обслуживания сельскохозяйственного производства: монография/Н.Е. Евтюшенков, Р.Ш. Хабатов. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2004. – 192 с.

57 Егоров, Р. Н. Совершенствование транспортно-технологического обслуживания районных сельскохозяйственных предприятий: автореф. дис. канд. техн. наук. (05.20.01)/ Егоров Роман Николаевич; ФГБОУ МГАУ им. В. П. Горячкина. — Москва, 2006. — 18 с.

58 Жалнин, Э.В. Интенсификация процессов уборки зерновых культур: сборник научных трудов/ Жалнин Э.В. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 1987. – 180 с.

59 Жалнин Э.В. Классификация потерь зерна и их оценка/Э.В. Жалнин// Сельский механизатор. – 2014. – № 9. – с. 4-6.

60 Жалнин, Э.В. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами: монография/ Э.В. Жалнин, А.Н. Савченко. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 207 с.

61 Жалнин Э.В. Эффективное использование зерноуборочных комбайнов/Э.В. Жалнин// Сельский механизатор. – 2013. – с. 5-7.

62 Завалишин, Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве/ Ф.С. Завалишин – М.: Колос, 1973. – 319 с.

63 Завражнов, А.И. Интеллектуальная следящая система для управления машинами и агрегатами в маточниках и питомниках/ А.И. Завражнов, А.С. Гордеев, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев// Вестник Мичуринского ГАУ. – 2014. – С. 42-46.

64 Завражнов, А.И. О проблемах эффективного использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве/ А.И. Завражнов, А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, Л.Г. Князева// Из-во Першина Р.В. – 2015. – С. 291-298.

65 Завражнов, А.И. Практикум по точному земледелию: учебное пособие/ А.И. Завражнов. – Санкт-Петербург: Из-во «Лань», 2015. – 224 с.

66 Завражнов, А.И. Снижение потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая: рекомендации /А.И. Завражнов. – Мичуринск: Из-во МичГАУ. 2012. – 82 с.

67 Зерновые потери [Электронный ресурс]/ «Пронедра»// М. – 2017. – Режим доступа: <https://pronedra.ru/agriculture/2017/09/22/zerno-uborka-poteri/>

68 Измайлов, А.Ю. Автоматизированные информационные технологии в производственных процессах растениеводства/ А.Ю. Измайлов, В.К. Хорошенков// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – С. 3-9.

69 Измайлов А.Ю. Методика исследования уборочно-транспортных процессов/ А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтюшенко// Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – С. 40-43.

70 Измайлов А.Ю. Оптимизация уборки и транспортировки зерновых культур с использованием накопителей/ А.Ю. Измайлов, Н.Е. Евтошенков// Техника в сельском хозяйстве. – 2008. – С. 6-9.

71 Измайлов, А.Ю. Повышение уровня использования транспорта в сельском хозяйстве/ А.Ю. Измайлов// Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – С. 8-10.

72 Кабашкин, И.В. Интеллектуальные транспортные системы/ И.В. Кабашкин// Транспорт российской федерации. - 2010. - №2 (27). - С. 34-38.

73 Карпин, Е.Б. Средства автоматизации для измерения и дозирования массы/ Е.Б. Карпин. – М.: «Машиностроение», 1971. – 470 с.

74 Катаев, В. С. Некоторые аспекты совершенствования процесса корректировки технологических регулировок зерноуборочного комбайна/ В.С. Катаев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 83 (09). – С. 3-15.

75 Клокова, Н.П. Тензорезисторы: Теория, методики расчета, разработки/ Н.П. Клокова. - М.: Машиностроение, 1990. - 224 с.

76 Клочков А.В. Предотвращение потерь зерна при уборке/ А.В. Клочков, В.В. Гусаров, В.Ф. Ковалевский – Минск, БГАТУ, 2016. – 264 с.

77 Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях: [федер. закон.: принят Гос. Думой 20 дек. 2001 г.: по состоянию на 21 янв. 2018 г]. – М.: ЭКСМО, 2018. – 511с.

78 Контроль и учет сыпучих материалов [Электронный ресурс]/ Эскорт. Спутниковый мониторинг транспорта// Казань. – 2017. – Режим доступа: <http://www.e-rt.ru/>

79 Королев, Ю. Г. Метод наименьших квадратов в социально-экономических исследованиях/ Ю.Г. Королев – М.: Статистика, 1980. – 112 с.

80 Лебедев, С. А. Спутниковая альтиметрия в науках о Земле/ С.А. Лебедев// Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. - 2013. - С. 33-49.

81 Линник, Н.В. Внедрение системы автоматического весового контроля в Российской Федерации/ Н.В. Линник, В.Н. Алянчиков// Хабаровск – 2016. – С. 183-193.

82 Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений/ Ю.В. Линник. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 333 с.

83 Липкович Э.И. Система комплексной организации уборочно-транспортного

и заготовительного процесса/ Э.И. Липкович// ВНИПТИМЭСХ. – 1980. – С. 3-21.

84 Лисин, О.Г. Методика измерения массы нетто/ О.Г. Лисин// Стандарты и качество. – 2017. – С. 44-48.

85 Личман, Г.И. Автоматизация технологий ресурсосберегающего земледелия/М.С. Савельева, Г.И. Личман//Молодой ученый. – 2015. – № 9-2 (89) – С.140-141.

86 Личман, Г.И. Использование мобильного телефона (smartphone) в точном земледелии/Г.И. Личман, И.Г. Смирнов, А.И. Беленков//Фермер Черноземье. – 2017. –№1(1). – С. 28-31.

87 Личман, Г.И. Смарт фарминг (smartfarming) как дальнейшее развитие идей точного земледелия (precision agriculture)/Г.И. Личман, И.Г. Смирнов// Инновационное развитие АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: сбор. науч. докл. междунар. научно-техн. конф. – 2014. – С. 394-399.

88 Лукашин, Ю. П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов/ Ю.П. Лукашин – М.: Финансы и статистика, 2003. – 415 с.

89 Маслов, Г. Г. Многоуровневый системный подход к комплексной оптимизации процессов уборки, транспортировки и очистки зерна/ Г.Г. Маслов, С.А. Малышев// Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 124 (10). – 24с.

90 Маслов, Г.Г. Перспективные варианты технологий уборки зерновых колосовых культур/ Г.Г. Маслов, Е.И. Трубилин, В.В. Абаев, В.И. Масловский// Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – С. 42-44.

91 Маслов, Г.Г. Совершенствование комбайновой уборки зерновых колосовых культур/ Г.Г. Маслов, Е.И. Трубин, В.В. Абаев// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – С. 4-5.

92 Маслов, Г.Г. Уборочно-транспортный комплекс нового поколения/ Г.Г. Маслов, В.В. Абаев, В.И. Масловский// КубГАУ. – 2008. – С. 199-203.

93 Маханько, Г.А. Применение информационных систем в сфере АПК/ Г.А. Маханько// ИЦ «Золотой колос». – 2016. – С. 210-213.

94 Махачева, З.М. Формирование и развитие системы мониторинга экономической деятельности хозяйствующих субъектов АПК: дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05/ Махачева Забият Магомедпазиловна. – Махачкала, 2009. – 169 с.

95 Махонин, И.С. Комбайны должны работать в полную силу [электронный ресурс] / электрон. дан.// М. – 2014. – Режим доступа: <http://krestyane34.ru/kombainy-dolzny-rabotat-v-polnuyu-silu.html/>

96 Мониторинг транспорта и навигация [электронный ресурс] / электрон. дан.// М. – 2017. – Режим доступа: <http://www.tadviser.ru/index.php/>

97 Мониторинг уровня заполнения бункера для сельскохозяйственного продукта: пат. 2499381 Рос. Федерация: МПК А01F12/60 Ф. Д. Джозеф; заявитель и патентообладатель ДИР ЭНД КОМПАНИ. - № 2011101434/13; заявл. 29.06.2009; опубл. 2013.11.27, Бюл. № 33.

98 Московский, М.Н. Повышение эффективности транспортирующих устройств конвейерного типа при перегрузке семян зерновых/М.Н. Московский, Г.А. Адамьян, Р.Г. Косьминин// ИВД. – 2015. – № 4(38). – С. 130-139.

99 Московский М.Н. Разработка научно обоснованной методики технико-экономической оценки высокоинтенсивной технологии комбайновой уборки зерновых колосовых культур очесом: отчет о НИР/ А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, Ю.О. Горячев, И.В. Червяков, О.А. Костыленко, М.Н. Московский, В.А. Макименко, Н.П. Ватутина. – Зерноград, аграрный научный центр «Донской», 2015. – 83 с.

100 Московский М.Н. Разработка экономико-математической модели функционирования уборочно-транспортного комплекса при высокопроизводительной уборке зерновых колосовых культур комбайновым очесом и методики ее технико-экономической оценки: отчет о НИР/А.И. Бурьянов, М.А. Бурьянов, Ю.О. Горячев, И.В. Червяков, О.А. Костыленко, М.Н. Московский, В.А. Макименко, Н.П. Ватутина. – Зерноград, аграрный научный центр «Донской», 2014. – 81 с.

101 Непарко, Т.А. Исследование потерь от простоев техники/ Т.А. Непарко, А.В. Новиков – Горки, БГСХА, 2015. – 108 с.

102 Нехватка автопарка при уборке урожая [Электронный ресурс]/ Агро инвестор// М. – 2015. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru/business-pages/19271-nekhvatka-avtoparka-pri-uborke-urozhaya-instruktsiya-po-vyzhivaniyu/>

103 О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: утвержден Президентом Российской Федерации от 01.12.2016 г № 642. - 2016. – 25 с.

104 Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации: утверждена Президентом Российской Федерации 30 января 2010 г № 120. – 2010. – 8 с.

105 Олейник, Д.О. Концепция развития региональной системы мониторинга и управления эксплуатацией объектов транспорта и механизации сельского хозяйства в интересах агропромышленного комплекса, перерабатывающей промышленности и лесного хозяйства с использованием платформы глонасс и автоматической идентификации(на примере рязанской области)/В.В. Елистратов, Д.О. Олейник// Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве: мат. междунар. научно-практ. конф. – Оренбург, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ, 2013. – С.121-125.

106 Олейник, Д.О. Навигационно-связное устройство для спутникового контроля и мониторинга машинно-тракторного парка, работающее на базе глобальной навигационной системы ГЛОНАСС/А.В. Логинов, Д.О. Олейник, О.Н. Пылаева // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона: мат. нац. научно-практ. конф. – Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – С. 146 -151.

107 Олейник, Д.О. Разработка системы управления транспортными и другими техническими средствами, применяемыми в сельском хозяйстве с использованием системы ГЛОНАСС/К.Н. Дрожжин, Д.О. Олейник, Ю.В. Якунин, О.Н. Пылаева, Н.А. Етко//Вестник совета молодых ученых РГАУ имени П.А. Костычева. – 2016. - №. 2(3). – С.94-100.

108 Олейник, Д.О. Разработка опытного образца бортового навигационно-связного устройства на платформе ГЛОНАСС/В.В. Елистратов, Д.О. Олейник, Ю.В. Якунин, В.С. Климаков, П.Г. Стенин, Т.О. Мишина// Современные проблемы науки

и образования. – 2014. - №6. – С. 335-341.

109 Окунев, Г.А. Расчет состава уборочно-транспортных звеньев на уборке зерновых культур: методичка/ Г.А. Окунев, С.П. Маринин. - Челябинск: ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», 2007. – 20 с.

110 Окунев, Г.А. Проектирование и организация машиноиспользования в сельском хозяйстве: учебное пособие/ Г.А. Окунев, С.Д. Шепелев, С.П. Маринин. – Челябинск: ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет», 2015. – 136 с.

111 Орлов, А. И. Прикладная статистика/ А.И. Орлов – М.: Экзамен, 2006. – 671 с.

112 Орлова, С.А. Тенденции развития электронного оборудования для контроля и управления машинно-тракторными агрегатами фирмы JOHN DEERE/ С.А. Орлова// Центральная научная сельскохозяйственная библиотека. – 2017. – 696 с.

113 Орлянская И.А. Структурная схема имитационной модели уборочно-транспортного процесса/ И.А. Орлянская, А.В. Орлянский, А.Н. Петенев// Ставропольская государственная сельскохозяйственная академия. – 2001. – С. 136-137.

114 Оценка потерь зерна [Электронный ресурс]/ Агробизнес// М. – 2017. – Режим доступа: <http://agbz.ru/articles/otsenka-poter-zerna-s-primeneniem-probootbornikov-v-vide-rezinovyih-kovrikov>

115 Паршикова, Т. А. Автомобильный парк предприятия и показатели его использования/ Т.А. Паршикова, Р.Н. Егоров// Молодой ученый. — 2016. — №12. — С. 364-368.

116 Петровец, В. Р. Современные направления совершенствования технологии и технических средств уборки зерновых культур/ В.Р. Петровец, Н.А. Барыгин // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2015. – № 1 (14). – С. 16-22.

117 Попова, И.М. Внедрение системы мониторинга как возможность повышения эффективности работы городского пассажирского транспорта/ И.М. Попова,

А.П. Беликов// Вестник СГТУ. – 2013. - №2 (71). - с. 346-347.

118 Потапов, А. С. Распознавание образов и машинное восприятие/ А.С. Потапов// Политехника. С-Пб. – 2007. – 548 с

119 Потенциал оптимизации производства зерновых в мире и в России [электронный ресурс]/ МНИАП// М. – 2017. – Режим доступа: <http://xn--80aplem.xn--p1ai/analytics/Potencial-optimizacii-proizvodstva-zernovyh-v-mire-i-v-Rossii/>

120 Причины порчи и потери зерна [электронный ресурс]/ Информационный портал «Пищевик»// М. – 2016. – Режим доступа: <http://mppnik.ru/publ/871-prichiny-porchi-i-poter-zerna.html>

121 Прогнозирование сроков уборки с учетом возможных потерь урожая [Электронный ресурс]/ А.А. Демко// Киев. – 2017. – Режим доступа: <https://agronom.com.ua/prognozyrovanye-srokov-uborky-s-uchetom-vozmozhnyh-poter-urozhaya/>

122 Пухов Е.В. Исследование процесса контроля загрузки транспортных машин с использованием ультразвуковых волн/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов// Конференция: инновационные технологии и технические средства для апк. – 2016. - с. 105-109.

123 Пухов Е.В. Формирование требований к системам мониторинга рабочих процессов производства сельскохозяйственных культур/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов// Международный технико-экономический журнал. – 2017. – С. 84 – 89.

124 Реконструкция механических автомобильных весов [электронный ресурс]/ Компания «ВесЭксперт»// Киев. – 2017. – Режим доступа: <http://vesexpert.com.ua/ru/>

125 Рембалович, Г.К. Актуальные вопросы совершенствования транспортного обеспечения сельскохозяйственных процессов с применением интерактивной диагностики/ Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Р.В. Безносюк, А.В. Старунский// Отделение полиграфии РИО Академии ФСИН России. – 2017. – С. 28-35.

126 Рембалович, Г.К. Теоретические исследования эффективности функционирования контроля технологического процесса зерноуборочного комбайна/ Р.В. Безносюк, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, В.В. Фокин// РГАТУ. – 2016. – С. 13-17.

127 Рембалович, Г.К. Теоретическое обоснование необходимости использования системы контроля загрузки зерноуборочного комбайна/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, В.В. Фокин, Р.В. Безносюк, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович// РГАТУ. – 2017. – С. 59-63.

128 Ряднов, А.И. Автоматика и автоматизация технологических процессов в растениеводстве: учебное пособие/ А.И. Ряднов – Волгоград, ВолГАУ, 2016. – 132 с.

129 Ряднов, А.И. Машина для уборки зерновых культур/Н.В. Бышов, А.И. Ряднов, О.А. Федорова// Известия НВ АУК. – 2018. – №1 (49) – С. 249-254.

130 Ряднов, А.И. Повышение производительности зерноуборочного комбайна/С.В.Тронеv, А.И. Ряднов, О.А. Федорова//Научное обозрение. – 2017. – №21 – С. 38-43.

131 Савченко, О.Ф. Применение информационных технологий в инженерно-технической системе АПК/ О.Ф. Савченко, Шинделов А.В.// Новосибирск. – 2013. – С. 99-104.

132 Сазонов, Т.О. Без простоев и потерь [электронный ресурс]/ ИД «Крестьянин»// Ростов-на-Дону. – 2017 – Режим доступа: <http://www.krestianin.ru/articles/58423-bez-prostoev-i-poter>

133 Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа для оптического определения уровня зерна в бункере комбайна/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов, В.А. Следченко; правообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I». – № 2018614033; заявл. 09.02.2018; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 27.03.2018.

134 Синцова, Ю.С. Потери зерна при уборке урожая [электронный ресурс]/ Ю.С. Синцова// М. – 2017. – Режим доступа: <http://selhoztehnika.net/news-777/poteri-zerna-pri-uborke-urozhaya-ot-chego-zavisyat-i-kak-ih-minimizirovat>

135 Система автоматизированного учета зерна и хлебопродуктов «1С: Сакура 8» [Электронный ресурс]/ ИВП «ИнноВинпром»// Винница. – 2017. - Режим доступа:

<https://innovinnprom.com/sistema-avtomatizirovannogo-ucheta-zerna-i-hleboproduktov-1s-sakura-8.htm>

136 Система контроля и мониторинга транспорта [электронный ресурс] / группа компаний «ТехноКом»// Челябинск. – 2017. – Режим доступа: <http://www.tkn-av.ru/>

137 Смирнов, И.Г. Анализ технологического применения многофункционального беспилотного робота/А.Ю. Измайлов, И.Г. Смирнов, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов// Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: сбор. науч. докл. междунар. научно-техн. конф. – 2015. – с. 207-209.

138 Смирнов, И.Г. Интеллектуальное земледелие как дальнейшее развитие идей точного земледелия/Г.И. Личман, И.Г. Смирнов, А.И. Беленков// Нивы зауралья. – 2015. – С. 60-63.

139 Смирнов, И.Г. Машинное обеспечение интеллектуальных агротехнологий/ И.Г. Смирнов// Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сбор. науч. труд. междунар. научно-практ. конф., посвящен. памяти д. т. н., профессора Ф. Х. Бурумкулова. – 2016. – С. 304-309.

140 Смирнов, И.Г. Научно-техническое обеспечение применения ГЛОНАСС в сельскохозяйственном производстве/А.А. Артюшин, И.Г. Смирнов// Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – С. 8-11.

141 Смирнов, И.Г. Обосновать систему мониторинга и управления работой уборочно-транспортных комплексов: отчет о НИР/ И.Г. Смирнов, Н.Е. Евтюшенков, А.А. Артюшин, Е.П. Шилова, Г.С. Бисенов, В.Ф. Рожин, А.П. Гришин, С.В. Власова, Т.В. Царькова// Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства. – 2015. – 86 с.

142 Смирнов, И.Г. Особенности разработки интеллектуальной системы управления в садоводстве/А.А. Артюшин, И.Г. Смирнов, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов// Вестник Мичуринского ГАУ. – 2016. – №2 – С. 148 -153.

143 Смирнов, И.Г. Разработка интеллектуальной системы управления производственными процессами/ А.Ю. Измайлов, И.Г. Смирнов, Д.О.Хорт, Р.А. Филиппов// Информационные технологии, системы и приборы в АПК: мат 6-ой междун. научно-практ. конф «Агроинфо-2015».– 2015. – С. 22-28.

144 Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебное пособие / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев – М. : Высш. шк., 1998. – 319 с.

145 Способ информационного обеспечения процесса уборки зерна комбайном и устройство для его осуществления: пат. 2394418 Рос. Федерация: МПК А01F12/60 / Ефанов Василий Васильевич; заявитель и патентообладатель Ефанов Василий Васильевич. – № 2009129785/12; заявл. 03.08.2009; опубл. 20.07.2010

146 Справочник по прикладной статистике. В 2-х т. Т.1: Пер. с англ./ Под ред. Э. Ллойда, У. Ледермана, Ю. Н. Тюрина. – М.:Финансы и статистики, 1989. – 510 с. Т. 2: 1990. – 526 с.

147 Тимофеев, Е.В. Контроль работы сельскохозяйственных агрегатов на основе спутниковых навигационных систем/ Е.В. Тимофеев// Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2016. – С. 122-130.

148 Тимошинов, М.Г. Анализ направлений по совершенствованию технологий, оборудования и организации технического обслуживания транспортных и технологических машин в АПК/ М.Г. Тимошинов, Пухов Е.В// Материалы национальной научной конференции «Наука вчера, сегодня, завтра». – 2016. – С. 250-254.

149 Тимошинов, М.Г. Использование нейросетей для определения массы зерна в бункере комбайна во время уборочных работ/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов // 9-ая международная научно-техническая конференция молодых ученых и специалистов: агроинженерные инновации в сельском хозяйстве. – 2018. – С. 122-131.

150 Тимошинов, М.Г. Математическая модель определения уровня зерна в бункере комбайна/ Е.В. Пухов, В.А. Следченко, М.Г. Тимошинов, С.С. Мешкова// Международный технико-экономический журнал. – 2018. – №3 – С. 20-25.

151 Тимошинов, М.Г. Повышение точности систем глобального позиционирования путем дифференциальной коррекции/ М.Г. Тимошинов //8-ая международная научно-практическая конференция: инновации, качество и сервис в технике и технологиях. – 2018. – С. 378-381.

152 Тимошинов, М. Г. Совершенствование метода контроля веса зерна при уборочных работах/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов // Вестник НГИЭИ. - 2017. - № 12 (79). - С. 77–86.

153 Тимошинов М.Г. Совершенствование организации контроля за эксплуатацией транспортных и технологических машин/ Е.В. Пухов, М.Г. Тимошинов, Д.В. Овсянников, Е.А. Горбунов //Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 115 годовщине со дня рождения профессора Харитончика Ефима Мироновича. – 2017. – С. 353-361.

154 Троицкий, В.А. Инженерные расчеты на ЭВМ: справочное пособие / В.А. Троицкий. – Л.: Машиностроение, 1979. – 288 с.

155 Труфляк, Е.В. Интеллектуальные технические средства в сельском хозяйстве/Е.В. Труфляк// Великие Луки. – 2015. – С. 25-34.

156 Труфляк, Е.В. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации/ Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер, Л.А. Дайбова, Е.М. Белая// Краснодар. – 2017. – С. 335-336.

157 Труфляк, Е.В. Продовольственная безопасность в области точного сельского хозяйства, анализ отрасли/ Труфляк, Е.В., Курченко Н.Ю.// Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2017. - №30. – С.106-114.

158 Труфляк, Е.В. Современное состояние точного сельского хозяйства/Труфляк Е.В., Курченко Н.Ю.// Труды КубГАУ. – 2017. – №69. – С. 372-376.

159 Труфляк, Е.В. Современные зерноуборочные комбайны: учебное пособие/ Е.В. Труфляк, Е.И. Трубилин. – Краснодар. – 2013. – 320 с.

160 Труфляк, Е.В. Точное земледелие: учебное пособие/ Е.В. Труфляк. – Крас-

нодар: Из-во КубГАУ, 2015. – 376 с.

161 Труфляк, Е.В. Точное сельское хозяйство: вчера, сегодня, завтра/Труфляк Е.В.// ООО «ДГТУ-ПРИНТ». – 2017. – С. 469-474.

162 Труфляк, Е.В. Точное сельское хозяйство: состояние и перспективы/Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко// ООО «СЕКВОЙЯ». – 2017. – С. 288-291.

163 Уборка и хранение зерновых культур [Электронный ресурс] / Геолайк// Москва. - 2014. – Режим доступа: http://geolike.ru/page/gl_1995.htm

164 Успенский И.А. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства/И.А. Успенский, И.А. Юхин, С.Н. Кулик, Д.С. Рябчиков// Техника и оборудование для села. – 2013. -№7. – С.10-12.

165 Успенский И.А. Перспективная система контроля загрузки наклонной камеры зерноуборочного комбайна/Н.В. Бышов, Р.В. Безносюк, В.В. Фокин, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, И.А. Успенский// Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: сбор. науч. докл. междунар. научно-технич. конф. – М.: ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2015. – С. 182-185.

166 Федоренко, В.Ф. Инновации обеспечат значительный прирост аграрного производства/ В.Ф. Федоренко// Вестник АСМБ. – 2011. – С. 19-24.

167 Федоренко, В.Ф. Информационное обеспечение инженерно-технической сферы АПК/ В.Ф. Федоренко// Москва. – 2009. – С. 9-11.

168 Федоренко, В.Ф. Информационные технологии в сельскохозяйственном производстве/ В.Ф. Федоренко – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 223 с.

169 Федоренко, В.Ф. Информационные технологии – стратегический вектор развития сельскохозяйственной техники/ В.Ф. Федоренко, О.В. Кондратьева// Правдинский. – 2011. – С. 44-47.

170 Федоров, В.В. Теория оптимального эксперимента/ В.В. Федоров – М.: ГРФМЛ изд-ва Наука, 1971. – 312 с.

171 Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов: пер. с англ./

Д.Финни. – М.: ГРФМЛ изд-ва Наука, 1970. - 287 с.

172 Харитонов, Д.В. Уборка без простоев. Приживется ли в России технология выгрузки зерна на ходу [Электронный ресурс] / Д.В. Харитонов// Агротехника и технологии. 2017. – Режим доступа: <http://www.agroinvestor.ru/technologies/article/24757-uborka-bez-prostoev/>

173 Харитошкин, Н.В. Использование метода математической экстраполяции для расчета ставки возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам/ Н.В. Харитошкин// ИП Давыдов. – 2012. – С. 22-27.

174 Хеерман, Д.В. Методы компьютерного эксперимента в теоретической физике/ Д.В. Хеераман – М.: Наука, 1990. – 176 с.

175 Черноусов, И.Н. Особенности системы управления уборочно-транспортным процессом/ И.Н. Черноусов// Сельский механизатор. – 2017. – С. 14-15.

176 Шепелев, С.Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах: дис. на соиск. уч. степ. канд. тех. наук (05.20.01)/ Шепелев Сергей Дмитриевич; Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск, 2010. – 459 с.

177 Шмойлова, Р. А. Теория статистики. 4-е изд./ Р.А. Шмойлова – М: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.

178 Эрк, А.Ф., Судаченко, В.Н. Концепция создания демонстрационной зоны высокой энергоэффективности в Ленинградской области/ А.Ф. Эрк, В.Н. Судаченко// Межд. агропромышленная выставка-ярмарка «Агрорусь». - 2015. - С. 46-53.

179 Belaits, D.S. A promising mechanism for the material support of the farming industry (a case study of the novosibirsk region), Scientific papers-series management economic engineering in agriculture and rural development, 2018, Vol. 181, pp. 85-101.

180 Berberich, J. Online determination of hectolitre mass during threshing by analyzing air-filled pore volume in grain fills, Technik ageng 2017: the forum for agricultural

engineering innovations, 2017, Vol. 2300, pp. 491-496.

181 Bishop, Ch. M. Pattern recognition and machine learning, New York, NY : Springer, 2006, Vol. 20, 738 p.

182 Csiba, M. The most common errors of capacitance grain moisture sensors: effect of volume change during harvest, Precision agriculture, 2013, Vol. 142, pp. 215-223.

183 Daroczi, M. The influence of information technology on agricultural machinery, Managerial trends in the development of enterprises in globalization era, 2017, pp.552-559.

184 Edwards, Gareth T. C. Route planning evaluation of a prototype optimised in-field route planner for neutral material flow agricultural operations, Biosystems engineering, 2017, Vol. 153, pp. 149-157.

185 Fekry, M. Assessing of low cost GLONASS/GPS receivers versus GPS receivers in Egypt, IAIN, 2015, pp. 219-225.

186 Habib, A. Boresight calibration of GNSS/INS-Assisted push-broom hyperspectral scanners on UAV platforms, IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing, 2018, Vol. 11. pp. 1734-1749.

187 Januszewski, J. GNSS frequencies, signals, receiver capabilities and applications, Scientific journals of the maritime university of szczecin-zeszyty naukowe akademii morskiej szczecinie, 2018, Vol. 54, pp. 57-62.

188 Keskin, M. Performance of two low-cost GPS receivers for ground speed measurement under varying speed conditions, Precision agriculture, 2017, Vol. 18, pp. 264-277.

189 Kodali, R.K. IOT based control of Appliances, ICCCA, 2016, pp. 1293-1297.

190 Lovarelli, D. Fuel consumption and exhaust emissions during on-field tractor activity: A possible improving strategy for the environmental load of agricultural mechanization, Computers and electronics in agriculture, 2018, Vol. 151, pp. 238-248.

191 Mekala, M.S. A survey : smart agriculture IoT with cloud computing, International conference on microelectronic devices, circuits and systems, 2017, pp. 101-110.

192 Paller, G. Cost-efficient localisation system for agricultural use cases, Sensor-

nets: proceedings of the 6th international conference on sensor networks, 2017, pp. 142-149.

193 Qaseem, M.F. Genome-wide association mapping in bread wheat subjected to independent and combined high temperature and drought stress, PLOS ONE, 2018, Vol. 13, pp. 124-133.

194 Rodias, E. Energy savings from optimised in-field route planning for agricultural machinery, Sustainability, 2017, Vol. 9, pp. 213-219.

195 Rodriguez, R.Y. Network monitoring environmental quality in agriculture and pisciculture with low power sensor nodes based on ZIGBEE and GPRS technology, INTERCON, 2016, pp. 29-35.

196 Sandugash, S. The newspaper "Turkestanskije Vedomosti" and the beginning of the development of the history of the press in Central Asia, BILIG, 2018, Vol. 84, pp. 1-21.

197 Say, SM. Developing a computer program using the field data for reliability studies, XXVIII CIOSTA/CIGR V International Congress on Work Sciences in Sustainable Agriculture, 1999, pp. 124-129.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Текст программы (исходный код) «Программа для оптического определения уровня зерна в бункере комбайна»

```

unit GrainRecognition2;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Timer1: TTimer;
    PaintBox1: TPaintBox;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure PaintBox1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

VAR
  Form1: TForm1;
  BMP:TBitmap;
  start:boolean;
  NExp,NFrame:longint;

  i,j,k,o,e,ee,l:longint;
  t,dt:extended;
  r,r0,fi,fi0:extended;
  zm:extended;

  Capture: TBitmap;

  //MR,MG,MB:array[0..700,0..500]of longint;

  indind:longint;
  //FON:array[0..200,0..150]of longint;
  //BE:array[0..300]of extended;

```

```

st,x0,y0,Lx,Ly:longint;

NFR:longint;

k1,k2,k3:longint;

//skrt:array[-255..255]of extended;

MAS,MASR,MASG,MASB,MAS0,MASD,MASDM:array[-200..840,-200..680]of
longint;
PAP:string;

Hor:array[0..640]of extended;

HorLev:longint;
Coord:extended;

xA,yA,xB,yB,xAb,xBb,yAb,yBb:extended;
Krit,Kritb:extended;
Px,Py,Pxb,Pyb:array[0..10000]of extended;
NP:longint;
x,y,xc,yc:extended;
xg,yg:longint;
f:extended;
A:array[0..1000,0..1000]of record x,y,z:extended; Fz:extended;
vz:extended; end;
Nx,Ny:longint;

fiEO:extended;

implementation

{$R *.dfm}
{$M 10000, 12000000}

Procedure Draw;
begin
end;

Procedure ReadMap;
begin
end;

Procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
BEGIN
start:=not start;

BMP:=TBitmap.Create;

```

```

BMP.Width:=1400{780};
BMP.Height:=1000{550};

(*
For o:=1 to 1 do
begin
  {Считывание изображения}
  Capture := TBitMap.Create;
  Capture.FreeImage;

  Capture.LoadFromFile('D:\files\Grain03.bmp'); {332}
  for i:=1 to 640 do
    for j:=1 to 480 do
      begin
        MAS[i,j]:=Capture.Canvas.Pixels[i,j];
        MASR[i,j]:=GetRValue(MAS[i,j]);
        MASG[i,j]:=GetGValue(MAS[i,j]);
        MASB[i,j]:=GetBValue(MAS[i,j]);
        //MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j]+MASB[i,j])div 3;
        //MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j])div 2{ - MASB[i,j]};
        MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j])div 2-MASB[i,j];
        //MAS0[i,j]:=MASB[i,j];
      end;

  {Усреднение}
  {for i:=1 to 320 do for j:=1 to NVERT do
  begin
    MASM[o,i,j]:=0;
    for e:=1 to o do
      MASM[o,i,j]:=MASM[o,i,j]+MAS[e,i,j];
    MASM[o,i,j]:=round(MASM[o,i,j]/(o+1e-20));
  end;}

  // Ищем линию границы в виде наклонного отрезка
  Kritb:=0;
  for e:=1 to 10000 do
    begin
      f:=0;
      // Случайно генерируем
      xA:=10; xB:=200;
      yA:=1+random(480-2);
      yB:=1+random(480-2);

      //if abs(yA-yB)>30 then continue;

      Krit:=0;
      // Проходим по отрезку, берем пары точек
      r:=5;
      NP:=0;

```

```

for i:=0 to 20 do
  begin
    xc:=xA+(xB-xA)*i/20;
    yc:=yA+(yB-yA)*i/20;

    // Проходим по парам точек шаблона
    for j:=1 to 4 do
      begin
        // Верхние точки шаблона
        y:=yc-j*r; if y>480 then f:=1; if y<1 then f:=1;
        x:=xc;
        fi:=-MAS0[round(x),round(y)];
        NP:=NP+1;
        Px[NP]:=x;
        Py[NP]:=y;

        // Нижние точки шаблона
        y:=yc+j*r; if y>480 then f:=1; if y<1 then f:=1;
        x:=xc;
        //fi:=fi-MAS0[round(x),round(y)];
        fi:=fi+MAS0[round(x),round(y)];
        NP:=NP+1;
        Px[NP]:=x;
        Py[NP]:=y;

        Krit:=Krit+fi*1/j;
      end;
    end;

    // Проверяем, не улучшился ли критерий
    if Krit>Kritb then if f=0 then
      begin
        Kritb:=Krit;
        xAb:=xA; yAb:=yA; xBb:=xB; yBb:=yB;
        Pxb:=Px; Pyb:=Py;
      end;

    end;

    {Вывод изображения на экран}

    With BMP.Canvas do
      begin
        Brush.Color:=ClWhite; Pen.Color:=ClBlack;
        for i:=1 to 640 do
          for j:=1 to 480 do
            begin
              k1:=MAS[i,j];
              Pen.Color:=RGB(k1,k1,k1);
            end;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
end;

```

```

    Pen.Color:=MAS[i,j];
    Brush.Color:=Pen.Color;
    Rectangle(i,j,i+2,j+2);
    end;

for i:=1 to 640 do
  for j:=1 to 480 do
    begin
      k1:=MAS0[i,j];
      Pen.Color:=RGB(k1,k1,k1);
      Brush.Color:=Pen.Color;
      Rectangle(700+i,j,700+i+2,j+2);
    end;

// Рисуем линию границы
Pen.Color:=ClRed;
Pen.Width:=5;
MoveTo(700+round(xAb),round(yAb));
LineTo(700+round(xBb),round(yBb));

// Рисуем точки шаблона
Pen.Width:=1;
for i:=1 to NP do
  begin
    xg:=700+round(Pxb[i]);
    yg:=round(Pyb[i]);
    Ellipse(xg-3,yg-3,xg+3,yg+3);
  end;
Pen.Width:=1;

{Уровень границы}
Brush.Color:=ClWhite;
Pen.Color:=ClBlack;
Rectangle(700+2,HorLev*2,700+320*2+2,HorLev*2+2);

end;

Form1.PaintBox1.Canvas.Draw(0,0,BMP);
//With PaintBox1.Canvas do TextOut(20,20,FloatToStr(o));

end;

BMP.Free;

*)

////////////////////////////////////

```

```

// Начало восстановления поверхности по границам
////////////////////////////////////

Nx:=40; Ny:=25;
dt:=0.002;
fiEO:=20; fiEO:=sin(fiEO/180*pi)/cos(fiEO/180*pi);

// Начальное задание координат поверхности
for i:=0 to Nx do for j:=0 to Ny do
  begin
  A[i,j].x:=i;
  A[i,j].y:=j;
  //A[i,j].z:=fiEO;
  A[i,j].z:=fiEO;
  A[i,j].vz:=0;
  end;

// Цикл интегрирования
for e:=1 to 100000 do
  begin
  // Поддерживаем границы
  for i:=0 to Nx do begin A[i,0].z:=0; A[i,Ny].z:=0; end;
  for i:=1 to Nx-1 do begin A[i,1].z:=fiEO; A[i,Ny-1].z:=fiEO; end;

  for i:=0 to Ny do begin A[0,i].z:=0; A[Nx,i].z:=0; end;
  for i:=1 to Ny-1 do begin A[1,i].z:=fiEO; A[Nx-1,i].z:=fiEO; end;

  // Рассчитываем силы
  for i:=0 to Nx do for j:=0 to Ny do A[i,j].Fz:=0;

  for i:=1 to Nx-1 do for j:=1 to Ny-1 do
    begin
    // Считаем силы в тройках
    fi:=15000*(A[i+1,j].z
              -A[i ,j].z)
              -(A[i ,j].z
              -A[i-1,j].z);

    A[i ,j].Fz:=A[i ,j].Fz+fi;
    A[i-1,j].Fz:=A[i-1,j].Fz-fi/2;
    A[i+1,j].Fz:=A[i+1,j].Fz-fi/2;
    end;

  for i:=1 to Nx-1 do for j:=1 to Ny-1 do
    begin
    // Считаем силы в тройках
    fi:=1000*(A[i,j+1].z
              -A[i ,j].z)

```



```

        -(A[i ,j].z
        -A[i,j-1].z);

A[i ,j].Fz:=A[i ,j].Fz+fi;
A[i,j-1].Fz:=A[i,j-1].Fz-fi/2;
A[i,j+1].Fz:=A[i,j+1].Fz-fi/2;
end;

// Считаем силы трения
for i:=1 to Nx do for j:=1 to Ny do
    A[i,j].Fz:=A[i,j].Fz-180*A[i,j].vz;

// Интегрируем уравнения движения
for i:=2 to Nx-2 do for j:=2 to Ny-2 do
    begin
    A[i,j].z:=A[i,j].z+A[i,j].vz*dt+A[i,j].Fz*dt*dt/2;
    A[i,j].vz:=A[i,j].vz+A[i,j].Fz*dt;
    end;

// Рисуем, что получилось
if e mod 1000 = 0 then
With PaintBox1.Canvas do
    begin
    Brush.Color:=ClWhite;
    Rectangle(0,0,1500,1000);
    TextOut(10,10,FloatToStr(e));
    Brush.Color:=RGB(150,150,0);
    for i:=0 to Nx do for j:=0 to Ny do
        begin
        xg:=100+round(A[i,j].x*12+A[i,j].y*5);
        yg:=500+round(-A[i,j].z*12+A[i,j].y*5);
        Ellipse(xg-3,yg-3,xg+3,yg+3);

        xg:=800+round(A[i,j].x*12{+A[i,j].y*5});
        yg:=400+round(-A[i,j].z*12{+A[i,j].y*5});
        Ellipse(xg-3,yg-3,xg+3,yg+3);

        xg:=800+round(A[i,j].y*12{+A[i,j].y*5});
        yg:=700+round(-A[i,j].z*12{+A[i,j].y*5});
        Ellipse(xg-3,yg-3,xg+3,yg+3);
        end;
    end;

end; // Конец цикла интегрирования

```

```

////////////////////////////////////

```

```

// Конец восстановления поверхности по границам
////////////////////////////////////

END;

{Основной цикл}
PROCEDURE TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject); begin
if start=true then for indind:=1 to 5 do
BEGIN
o:=o+1;
t:=t+dt;
if o>NFR then exit;

{Рисование картинки}
if o mod 1 = 0 then
    Draw;

END;
end;

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
start:=false;
Randomize;
NExp:=0;
NFrame:=0;
o:=0;
t:=0; dt:=0.001;
end;

procedure TForm1.PaintBox1Click(Sender: TObject);
begin
Draw;
end;

end.

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Текст программы (исходный код) «Программа для оптического определения границы между поверхностью зерна и стенками бункера комбайна»

```

unit GrainRecognition3;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls,
  Forms,
  Dialogs, StdCtrls, ExtCtrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    Button1: TButton;
    Timer1: TTimer;
    PaintBox1: TPaintBox;
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Timer1Timer(Sender: TObject);
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure PaintBox1Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;

VAR
  Form1: TForm1;
  BMP:TBitmap;
  start:boolean;
  NExp,NFrame:longint;

  i,j,k,o,e,ee,l:longint;
  t,dt:extended;
  r,q,r0,fi,fi0:extended;
  zm:extended;

  Capture: TBitmap;

  //MR,MG,MB:array[0..700,0..500]of longint;

  indind:longint;
  //FON:array[0..200,0..150]of longint;

```

```

//BE:array[0..300]of extended;

st,x0,y0,Lx,Ly:longint;

NFR:longint;
k1,k2,k3:longint;
//skrt:array[-255..255]of extended;

MAS,MASR,MASG,MASB,MAS0,MASD,MASDM:array[-200..840,-200..680]of
longint;
PAP:string;

Hor:array[0..640]of extended;

HorLev:longint;
Coord:extended;

xA,yA,xB,yB,xAb,xBb,yAb,yBb:extended;
Krit,Kritb:extended;
Px,Py,Pxb,Pyb:array[0..10000]of extended;
NP:longint;
x,y,xc,yc:extended;
xg,yg:longint;
f:extended;

Ax,Ay,Bx,By,Cx,Cy:array[0..1000]of extended;

SF_File:TextFile;
FName:string;

MAx,MAy,MBx,MBY,MCx,MCy:array[0..1000]of extended;
Ux,Uy:array[0..32,-50..200]of extended;
H,Hx,Hy:array[0..1000]of extended;

H1,H2:longint;
H1x,H1y,H2x,H2y:extended;
U1x,U1y,U2x,U2y:extended;
V1x,V1y,V2x,V2y:extended;
P1x,P1y,P2x,P2y:extended;
Q1x,Q1y,Q2x,Q2y:extended;

implementation

{$R *.dfm}
{$M 10000, 12000000}

Procedure Draw;
begin
end;

```

```

Procedure ReadMap;
begin
end;

Procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
BEGIN
start:=not start;

    BMP:=TBitmap.Create;
    BMP.Width:=1400{780};
    BMP.Height:=1000{550};

For o:=1 to 1 do
begin
{Считывание изображения}
Capture := TBitMap.Create;
Capture.FreeImage;

for i:=1 to 640 do for j:=1 to 480 do
begin
MAS[i,j]:=RGB(255,255,255);
MAS0[i,j]:=255;
MASR[i,j]:=255;
MASG[i,j]:=255;
MASB[i,j]:=255;
end;

Capture.LoadFromFile('D:\B\2\50.bmp'); {332}
for i:=1 to 480 do
for j:=1 to 270 do
begin
MAS[i,j]:=Capture.Canvas.Pixels[i,j];
MASR[i,j]:=GetRValue(MAS[i,j]);
MASG[i,j]:=GetGValue(MAS[i,j]);
MASB[i,j]:=GetBValue(MAS[i,j]);
//MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j]+MASB[i,j])div 3;
//MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j])div 2{ - MASB[i,j]};
//MAS0[i,j]:=(MASR[i,j]+MASG[i,j])div 2-MASB[i,j];
//MAS0[i,j]:=MASB[i,j];

MAS0[i,j]:=round(2*(0.8*MASG[i,j]+0.2*MASB[i,j])-MASR[i,j]);
//MAS0[i,j]:=MASG[i,j];
end;

{Усреднение}
{for i:=1 to 320 do for j:=1 to NVERT do
begin
MASM[o,i,j]:=0;

```

```

for e:=1 to o do
  MASM[o,i,j]:=MASM[o,i,j]+MAS[e,i,j];
MASM[o,i,j]:=round(MASM[o,i,j]/(o+1e-20));
end;}

// Считываем ключевые точки A B C
FName:='d:\files\GrainRecognitionMap.dat'; AssignFile(SF_File,FName);
Reset(SF_File);
readln(SF_File,i);
readln(SF_File,Ax[1],Ay[1],i);
readln(SF_File,Ax[2],Ay[2],i);
readln(SF_File,Ax[3],Ay[3],i);
readln(SF_File,Ax[4],Ay[4],i);
readln(SF_File,Bx[1],By[1],i);
readln(SF_File,Bx[2],By[2],i);
readln(SF_File,Bx[3],By[3],i);
readln(SF_File,Bx[4],By[4],i);
readln(SF_File,Cx[1],Cy[1],i);
readln(SF_File,Cx[2],Cy[2],i);
readln(SF_File,Cx[3],Cy[3],i);
readln(SF_File,Cx[4],Cy[4],i);
CloseFile(SF_File);

Ay[3]:=Ay[3]+3;
Ay[4]:=Ay[4]-3;

for i:=1 to 4 do
  begin
    Ax[i]:=Ax[i]/2; Ay[i]:=Ay[i]/2;
    Bx[i]:=Bx[i]/2; By[i]:=By[i]/2;
    Cx[i]:=Cx[i]/2; Cy[i]:=Cy[i]/2;
  end;

// Заполняем ключевые точки для каждой граничной ломаной линии
MAx[1]:=Ax[1]; MAy[1]:=Ay[1];
MBx[1]:=Bx[1]; MBy[1]:=By[1];
MCx[1]:=Cx[1]; MCy[1]:=Cy[1];

MAx[2]:=Ax[1]+(Ax[2]-Ax[1])/4*1;
MAy[2]:=Ay[1]+(Ay[2]-Ay[1])/4*1;
MBx[2]:=Bx[1]+(Bx[2]-Bx[1])/4*1;
MBy[2]:=By[1]+(By[2]-By[1])/4*1;
MCx[2]:=Cx[1]+(Cx[2]-Cx[1])/4*1;
MCy[2]:=Cy[1]+(Cy[2]-Cy[1])/4*1;

MAx[3]:=Ax[1]+(Ax[2]-Ax[1])/4*2;
MAy[3]:=Ay[1]+(Ay[2]-Ay[1])/4*2;
MBx[3]:=Bx[1]+(Bx[2]-Bx[1])/4*2;
MBy[3]:=By[1]+(By[2]-By[1])/4*2;

```

```
MCx [3] :=Cx [1] + (Cx [2] -Cx [1]) /4*2;
MCy [3] :=Cy [1] + (Cy [2] -Cy [1]) /4*2;
```

```
MAx [4] :=Ax [1] + (Ax [2] -Ax [1]) /4*3;
MAy [4] :=Ay [1] + (Ay [2] -Ay [1]) /4*3;
MBx [4] :=Bx [1] + (Bx [2] -Bx [1]) /4*3;
MBy [4] :=By [1] + (By [2] -By [1]) /4*3;
MCx [4] :=Cx [1] + (Cx [2] -Cx [1]) /4*3;
MCy [4] :=Cy [1] + (Cy [2] -Cy [1]) /4*3;
```

```
MAx [5] :=Ax [2]; MAy [5] :=Ay [2];
MBx [5] :=Bx [2]; MBy [5] :=By [2];
MCx [5] :=Cx [2]; MCy [5] :=Cy [2];
```

```
MAx [6] :=Ax [2] + (Ax [3] -Ax [2]) /4*1;
MAy [6] :=Ay [2] + (Ay [3] -Ay [2]) /4*1;
MBx [6] :=Bx [2] + (Bx [3] -Bx [2]) /4*1;
MBy [6] :=By [2] + (By [3] -By [2]) /4*1;
MCx [6] :=Cx [2] + (Cx [3] -Cx [2]) /4*1;
MCy [6] :=Cy [2] + (Cy [3] -Cy [2]) /4*1;
```

```
MAx [7] :=Ax [2] + (Ax [3] -Ax [2]) /4*2;
MAy [7] :=Ay [2] + (Ay [3] -Ay [2]) /4*2;
MBx [7] :=Bx [2] + (Bx [3] -Bx [2]) /4*2;
MBy [7] :=By [2] + (By [3] -By [2]) /4*2;
MCx [7] :=Cx [2] + (Cx [3] -Cx [2]) /4*2;
MCy [7] :=Cy [2] + (Cy [3] -Cy [2]) /4*2;
```

```
MAx [8] :=Ax [2] + (Ax [3] -Ax [2]) /4*3;
MAy [8] :=Ay [2] + (Ay [3] -Ay [2]) /4*3;
MBx [8] :=Bx [2] + (Bx [3] -Bx [2]) /4*3;
MBy [8] :=By [2] + (By [3] -By [2]) /4*3;
MCx [8] :=Cx [2] + (Cx [3] -Cx [2]) /4*3;
MCy [8] :=Cy [2] + (Cy [3] -Cy [2]) /4*3;
```

```
MAx [9] :=Ax [3]; MAy [9] :=Ay [3];
MBx [9] :=Bx [3]; MBy [9] :=By [3];
MCx [9] :=Cx [3]; MCy [9] :=Cy [3];
```

```
MAx [10] :=Ax [3] + (Ax [4] -Ax [3]) /4*1;
MAy [10] :=Ay [3] + (Ay [4] -Ay [3]) /4*1;
MBx [10] :=Bx [3] + (Bx [4] -Bx [3]) /4*1;
MBy [10] :=By [3] + (By [4] -By [3]) /4*1;
MCx [10] :=Cx [3] + (Cx [4] -Cx [3]) /4*1;
MCy [10] :=Cy [3] + (Cy [4] -Cy [3]) /4*1;
```

```
MAx [11] :=Ax [3] + (Ax [4] -Ax [3]) /4*2;
MAy [11] :=Ay [3] + (Ay [4] -Ay [3]) /4*2;
MBx [11] :=Bx [3] + (Bx [4] -Bx [3]) /4*2;
```

```

MBy[11]:=By[3]+(By[4]-By[3])/4*2;
MCx[11]:=Cx[3]+(Cx[4]-Cx[3])/4*2;
MCy[11]:=Cy[3]+(Cy[4]-Cy[3])/4*2;

MAx[12]:=Ax[3]+(Ax[4]-Ax[3])/4*3;
MAy[12]:=Ay[3]+(Ay[4]-Ay[3])/4*3;
MBx[12]:=Bx[3]+(Bx[4]-Bx[3])/4*3;
MBy[12]:=By[3]+(By[4]-By[3])/4*3;
MCx[12]:=Cx[3]+(Cx[4]-Cx[3])/4*3;
MCy[12]:=Cy[3]+(Cy[4]-Cy[3])/4*3;

MAx[13]:=Ax[4]; MAy[13]:=Ay[4];
MBx[13]:=Bx[4]; MBy[13]:=By[4];
MCx[13]:=Cx[4]; MCy[13]:=Cy[4];

MAx[14]:=Ax[4]+(Ax[1]-Ax[4])/4*1;
MAy[14]:=Ay[4]+(Ay[1]-Ay[4])/4*1;
MBx[14]:=Bx[4]+(Bx[1]-Bx[4])/4*1;
MBy[14]:=By[4]+(By[1]-By[4])/4*1;
MCx[14]:=Cx[4]+(Cx[1]-Cx[4])/4*1;
MCy[14]:=Cy[4]+(Cy[1]-Cy[4])/4*1;

MAx[15]:=Ax[4]+(Ax[1]-Ax[4])/4*2;
MAy[15]:=Ay[4]+(Ay[1]-Ay[4])/4*2;
MBx[15]:=Bx[4]+(Bx[1]-Bx[4])/4*2;
MBy[15]:=By[4]+(By[1]-By[4])/4*2;
MCx[15]:=Cx[4]+(Cx[1]-Cx[4])/4*2;
MCy[15]:=Cy[4]+(Cy[1]-Cy[4])/4*2;

MAx[16]:=Ax[4]+(Ax[1]-Ax[4])/4*3;
MAy[16]:=Ay[4]+(Ay[1]-Ay[4])/4*3;
MBx[16]:=Bx[4]+(Bx[1]-Bx[4])/4*3;
MBy[16]:=By[4]+(By[1]-By[4])/4*3;
MCx[16]:=Cx[4]+(Cx[1]-Cx[4])/4*3;
MCy[16]:=Cy[4]+(Cy[1]-Cy[4])/4*3;

// Заполняем уровни вдоль ключевых ломаных
for e:=1 to 16 do
  begin
    r:=sqrt(sqr(MAx[e]-MBx[e])+sqr(MAy[e]-MBy[e]));
    q:=sqrt(sqr(MBx[e]-MCx[e])+sqr(MBy[e]-MCy[e]));
    for i:=-50 to 150 do
      begin
        k:=round(r/(r+q+1e-20)*100);
        if (i/100)<=(r/(r+q+1e-20)) then
          begin
            x:=MAx[e]+(MBx[e]-MAx[e])*i/(k+1e-20);
            y:=MAy[e]+(MBy[e]-MAy[e])*i/(k+1e-20);
          end
        end
      end
  end

```



```

else
  begin
    x:=MBx[e]+(MCx[e]-MBx[e])*(i-k)/(100-k);
    y:=MBy[e]+(MCy[e]-MBy[e])*(i-k)/(100-k);
  end;
  Ux[e,i]:=x; Uy[e,i]:=y;
end;
end;

for i:=-50 to 200 do
  begin
    Ux[17,i]:=Ux[1,i];
    Uy[17,i]:=Uy[1,i];
    Ux[18,i]:=Ux[2,i];
    Uy[18,i]:=Uy[2,i];
    Ux[19,i]:=Ux[3,i];
    Uy[19,i]:=Uy[3,i];
  end;

// Ищем сначала первый отрезок 1-2
kritb:=1e20;
for e:=1 to 100000 do
  begin
    // Случайно генерируем две высоты-уровни
    H1:=-30+random(130);
    H2:=-30+random(130);

    // Ищем точки верхней и нижней линии
    H1x:=Ux[1,H1]; H1y:=Uy[1,H1];
    H2x:=Ux[2,H2]; H2y:=Uy[2,H2];

    U1x:=Ux[1,H1+3]; U1y:=Uy[1,H1+3];
    U2x:=Ux[2,H2+3]; U2y:=Uy[2,H2+3];

    V1x:=Ux[1,H1+12]; V1y:=Uy[1,H1+12];
    V2x:=Ux[2,H2+12]; V2y:=Uy[2,H2+12];

    P1x:=Ux[1,H1-3]; P1y:=Uy[1,H1-3];
    P2x:=Ux[2,H2-3]; P2y:=Uy[2,H2-3];

    Q1x:=Ux[1,H1-12]; Q1y:=Uy[1,H1-12];
    Q2x:=Ux[2,H2-12]; Q2y:=Uy[2,H2-12];

    // Рассчитываем критерий
    Krit:=0;
    for i:=1 to 15 do
      begin
        xg:=round(U1x+(U2x-U1x)*i/15);
        yg:=round(U1y+(U2y-U1y)*i/15);

```

```

Krit:=Krit+MAS0[xg,yg];
xg:=round(V1x+(V2x-V1x)*i/15);
yg:=round(V1y+(V2y-V1y)*i/15);
Krit:=Krit+MAS0[xg,yg]*0.5;
xg:=round(P1x+(P2x-P1x)*i/15);
yg:=round(P1y+(P2y-P1y)*i/15);
Krit:=Krit-MAS0[xg,yg];
xg:=round(Q1x+(Q2x-Q1x)*i/15);
yg:=round(Q1y+(Q2y-Q1y)*i/15);
Krit:=Krit-MAS0[xg,yg]*0.5;
end;

if Krit<Kritb then
begin
Kritb:=Krit;
Hx[1]:=H1x; Hy[1]:=H1y;
Hx[2]:=H2x; Hy[2]:=H2y;
H[1]:=H1; H[2]:=H2;
end;
end;

// Теперь ищем остальные отрезки
for l:=3 to 19 do
begin
kritb:=1e20;
for e:=1 to 100000 do
begin
// Случайно генерируем одну высоту-уровень
H1:=round(H[l-1]);
H2:=-30+random(130);

// Ищем точки верхней и нижней линии
H1x:=Ux[l-1,H1]; H1y:=Uy[l-1,H1];
H2x:=Ux[l,H2]; H2y:=Uy[l,H2];

U1x:=Ux[l-1,H1+5]; U1y:=Uy[l-1,H1+5];
U2x:=Ux[l,H2+5]; U2y:=Uy[l,H2+5];

V1x:=Ux[l-1,H1+12]; V1y:=Uy[l-1,H1+12];
V2x:=Ux[l,H2+12]; V2y:=Uy[l,H2+12];

P1x:=Ux[l-1,H1-5]; P1y:=Uy[l-1,H1-5];
P2x:=Ux[l,H2-5]; P2y:=Uy[l,H2-5];

Q1x:=Ux[l-1,H1-12]; Q1y:=Uy[l-1,H1-12];
Q2x:=Ux[l,H2-12]; Q2y:=Uy[l,H2-12];

// Рассчитываем критерий
Krit:=0;

```

```

for i:=1 to 20 do
  begin
    xg:=round(U1x+(U2x-U1x)*i/20);
    yg:=round(U1y+(U2y-U1y)*i/20);
    Krit:=Krit+MAS0[xg,yg];
    xg:=round(V1x+(V2x-V1x)*i/20);
    yg:=round(V1y+(V2y-V1y)*i/20);
    Krit:=Krit+MAS0[xg,yg]*0.5;
    xg:=round(P1x+(P2x-P1x)*i/20);
    yg:=round(P1y+(P2y-P1y)*i/20);
    Krit:=Krit-MAS0[xg,yg];
    xg:=round(Q1x+(Q2x-Q1x)*i/20);
    yg:=round(Q1y+(Q2y-Q1y)*i/20);
    Krit:=Krit-MAS0[xg,yg]*0.5;
  end;

if Krit<Kritb then
  begin
    Kritb:=Krit;
    Hx[1]:=H1x; Hy[1]:=H1y;
    H[1]:=H2;
  end;
end;

end; // Конец поиска остальных отрезков

{Вывод изображения на экран}

With BMP.Canvas do
  begin
    Brush.Color:=ClWhite; Pen.Color:=ClBlack;
    for i:=1 to 640 do
      for j:=1 to 480 do
        begin
          k1:=MAS[i,j];
          Pen.Color:=RGB(k1,k1,k1);

          Pen.Color:=MAS[i,j];
          Brush.Color:=Pen.Color;
          Rectangle(i,j,i+2,j+2);
        end;

      for i:=1 to 640 do
        for j:=1 to 480 do
          begin
            k1:=MAS0[i,j];
            Pen.Color:=RGB(k1,k1,k1);
            Brush.Color:=Pen.Color;
            Rectangle(700+i,j,700+i+2,j+2);
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;

```

```

end;

// Рисуем ключевые точки
Pen.Color:=ClWhite;
xg:=round(Ax[1]); yg:=round(Ay[1]); MoveTo(xg,yg);
xg:=round(Ax[2]); yg:=round(Ay[2]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Ax[3]); yg:=round(Ay[3]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Ax[4]); yg:=round(Ay[4]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Ax[1]); yg:=round(Ay[1]); LineTo(xg,yg);

xg:=round(Bx[1]); yg:=round(By[1]); MoveTo(xg,yg);
xg:=round(Bx[2]); yg:=round(By[2]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Bx[3]); yg:=round(By[3]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Bx[4]); yg:=round(By[4]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Bx[1]); yg:=round(By[1]); LineTo(xg,yg);

xg:=round(Cx[1]); yg:=round(Cy[1]); MoveTo(xg,yg);
xg:=round(Cx[2]); yg:=round(Cy[2]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Cx[3]); yg:=round(Cy[3]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Cx[4]); yg:=round(Cy[4]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Cx[1]); yg:=round(Cy[1]); LineTo(xg,yg);

for i:=1 to 4 do
begin
xg:=round(Ax[i]); yg:=round(Ay[i]); MoveTo(xg,yg);
xg:=round(Bx[i]); yg:=round(By[i]); LineTo(xg,yg);
xg:=round(Cx[i]); yg:=round(Cy[i]); LineTo(xg,yg);
end;

for i:=1 to 4 do
begin
Brush.Color:=RGB(255,200,200); Pen.Color:=Brush.Color;
xg:=round(Ax[i]); yg:=round(Ay[i]); Ellipse(xg-3,yg-
3,xg+2+3,yg+2+3);
Brush.Color:=RGB(200,255,200); Pen.Color:=Brush.Color;
xg:=round(Bx[i]); yg:=round(By[i]); Ellipse(xg-3,yg-
3,xg+2+3,yg+2+3);
Brush.Color:=RGB(200,200,255); Pen.Color:=Brush.Color;
xg:=round(Cx[i]); yg:=round(Cy[i]); Ellipse(xg-3,yg-
3,xg+2+3,yg+2+3);
end;

// Рисуем ключевые точки ломаных границ
for i:=1 to 16 do
begin
Brush.Color:=RGB(255,255,255); Pen.Color:=Brush.Color;
xg:=round(MAx[i]); yg:=round(MAy[i]); Ellipse(xg-1,yg-
1,xg+2+1,yg+2+1);
xg:=round(MBx[i]); yg:=round(MBy[i]); Ellipse(xg-1,yg-

```

```

1,xg+2+1,yg+2+1);
    xg:=round(MCx[i]); yg:=round(MCy[i]); Ellipse(xg-1,yg-
1,xg+2+1,yg+2+1);
    end;

// Рисуем точки уровней
Brush.Color:=ClRed; Pen.Color:=Brush.Color;
for i:=1 to 16 do for j:=-20 to 120 do
    begin
        xg:=round(Ux[i,j]); yg:=round(Uy[i,j]); Ellipse(xg-1,yg-
1,xg+2+1,yg+2+1);
    end;

// Рисуем все отрезки
for i:=2 to 18 do
    begin
        Pen.Color:=ClYellow;
        xg:=round(Hx[i-1]); yg:=round(Hy[i-1]); MoveTo(xg,yg);
        xg:=round(Hx[i]); yg:=round(Hy[i]); LineTo(xg,yg);
        Pen.Color:=ClWhite;
        xg:=700+round(Hx[i-1]); yg:=round(Hy[i-1]); MoveTo(xg,yg);
        xg:=700+round(Hx[i]); yg:=round(Hy[i]); LineTo(xg,yg);
    end;

{
// Рисуем линию границы
Pen.Color:=ClRed;
Pen.Width:=5;
MoveTo(700+round(xAb), round(yAb));
LineTo(700+round(xBb), round(yBb));

// Рисуем точки шаблона
Pen.Width:=1;
for i:=1 to NP do
    begin
        xg:=700+round(Pxb[i]);
        yg:=round(Pyb[i]);
        Ellipse(xg-3,yg-3,xg+3,yg+3);
    end;
Pen.Width:=1;

//Уровень границы
Brush.Color:=ClWhite;
Pen.Color:=ClBlack;
Rectangle(700+2,HorLev*2,700+320*2+2,HorLev*2+2);
}

end;

```

```

Form1.PaintBox1.Canvas.Draw(0,0,BMP);
//With PaintBox1.Canvas do TextOut(20,20,FloatToStr(o));

end;

BMP.Free;

END;

{ОСНОВНОЙ ЦИКЛ}
PROCEDURE TForm1.Timer1Timer(Sender: TObject); begin
if start=true then for indind:=1 to 5 do
BEGIN
o:=o+1;
t:=t+dt;
if o>NFR then exit;

{Рисование картинки}
if o mod 1 = 0 then
    Draw;
END;
end;
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
start:=false;
Randomize;
NExp:=0;
NFrame:=0;
o:=0;
t:=0; dt:=0.001;
end;

procedure TForm1.PaintBox1Click(Sender: TObject);
begin
Draw;
end;
end.

```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Акты внедрения и опытной проверки результатов исследования в учебный процесс и
практическую деятельность


АКТ
о внедрении
законченной научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ в лице руководителя научно-исследовательской работы д.т.н., доцента Пухова Е.В., ответственного исполнителя Тимошинова М.Г., и представителя в лице начальника сервисной службы ООО «Агрокультура Воронеж» Колесникова В.С. составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы на тему: **«Совершенствование оперативного контроля наполненности бункера зерноуборочного комбайна»** выполненной на кафедре эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ внедрены в ООО УК «Агрокультура» путем установки на комбайны разработанного программно-аппаратного комплекса. Использование разработанной программы в составе комплекса обеспечивает оптическое распознавание контура между зерном и стенкой бункера (в режиме реального времени), позволяет осуществлять непрерывный контроль наполняемости бункера (свидетельство о регистрации программы № 2018614033) и сократить потери рабочего времени на простои, связанные с ожиданием выгрузки (погрузки) транспортных и технологических машин при проведении уборочно-транспортных процессов до 12 % (в течении одной рабочей смены).


Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению:

Обеспечить синхронизацию разработанного программно-аппаратного комплекса с системой навигации, устройством контроля уровня топлива, системой «Свой-чужой», используемых на зерноуборочных комбайнах ООО УК «Агрокультура».

Научный руководитель работы

 д.т.н., доц. Пухов Е.В.

Ответственный исполнитель

 Тимошинов М.Г.

Представитель

 Начальник сервисной службы ООО «Агрокультура Воронеж»

Колесников В.С.

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
д.т.н., проф.

Н.М. Дерканосова
2017г.

АКТ

о внедрении в учебный процесс результатов научных исследований
Тимошинова Михаила Григорьевича на кафедре эксплуатации
транспортных и технологических машин

Материалы научных исследований, выполненные соискателем Тимошиновым М.Г., связанные с разработкой методики определения продолжительности выполнения транспортно-технологических операций при уборке зерновых, отличающаяся мониторингом уровня заполненности бункера комбайна с использованием машинного зрения, методики определения объема зерна в бункере комбайна в процессе выполнения погрузочных и разгрузочных операций с использованием оптического распознавания границ и конфигурации насыпной поверхности зерна используются на кафедре эксплуатации транспортных и технологических машин ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ в учебном процессе при проведении лабораторно-практических занятий по дисциплинам «Энергоресурсосберегающие технологии полевых работ» и «Совершенствование систем производственной и технической эксплуатации машин» для студентов магистров по направлению подготовки 35.04.06 – «Агроинженерия», профиль «Технологии и средства механизации сельского хозяйства».

Заведующий кафедрой эксплуатации
транспортных и технологических машин
д.т.н., доцент



Е.В.Пухов



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «МАЯК»

397902 Воронежская область, г. Лиски, ул. Воронежская, 1

ИНН 3614000199, КПП 361401001,

тел. (47391) 3-72-36, факс (47391) 3-89-13

E-mail: mayak-office@dominantsugar.ru

От « 17 » сентября 2018г.

АКТ

о внедрении научных и практических результатов диссертации Тимошинова Михаила Григорьевича на тему «Совершенствование оперативного контроля наполненности бункера зерноуборочного комбайна»

Настоящим актом подтверждаю, что научные и практические результаты работы Тимошинова М.Г. получили практическое применение в ОАО «МАЯК». Результаты работы использованы на предприятии путем внедрения программно-аппаратного комплекса для определения наполняемости бункера зерноуборочного комбайна.


Данный комплекс позволил следить за динамикой наполняемости бункера комбайна, прогнозировать место полного бункера и на основе этих данных направлять транспортное средство в необходимое место и в точное время.

Для проверки результатов, полученных с помощью программного комплекса, была проведена серия наблюдений методом фотографии рабочего времени с частотой замеров равной 2, которая показала расхождения в пределах 3 %.

Внедрение результатов исследования дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический эффект:

Внедрение программно-аппаратного комплекса для мониторинга уровня зерна в бункере зерноуборочного комбайна, позволило увеличить время полезной работы смены на 12 %, что в денежном эквиваленте в период июль-август 2018 года позволило получить 196 004 руб. дополнительной прибыли.

Научный руководитель работы

 д.т.н., доц. Пухов Е.В.

Ответственный исполнитель

 Тимошинов М.Г.

Представитель

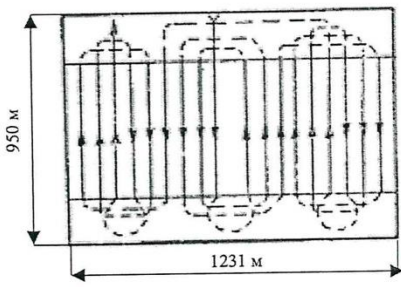
Главный инженер
ОАО «МАЯК»

 Собко Е.В.



ХРОНОКАРТА № 1

Состав агрегата: зерноуборочный комбайн + жатка.
 Марка: ACROS 580 (базовой комплектации) + Power Stream.
 Наблюдатель: Тимошинов М.Г.

Область Воронежская район Лискинский. Наименование хозяйства: ОАО «Маяк» поле № 1.1.3 Технологическая операция: уборка зерновых. Площадь поля 117га. Схема движения комбайна: загонная Технология сбора и транспортировки зерна: прямой способ с использованием в качестве автотранспорта самосвала ГАЗ-САЗ-35071 с надставными бортами Культура, сорт: пшеница твердая яровая Безенчукская Режим работы: фактическая ширина захвата жатки 6,7м. Условия работы: урожайность 42,6 ц/га. Почва: средняя. Рельеф: ровный. Погода: ясно. Влажность: 13-15%.	Дата: 22.07.2018		
	Время наблюдения		
		час.	мин.
	Начало	8	02
	Конец	17	03
	Продолжительность	9	01
Схема участка 			

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
1	Работа комбайна в загоне	8:29	0:27	T_1
2	Ожидание подъезда автотранспорта	8:33	0:04	T_{82}
3	Время на выгрузку	8:35	0:02	T_{23i}
4	Работа комбайна в загоне	9:00	0:25	T_1
5	Ожидание подъезда автотранспорта	9:06	0:06	T_{82}
6	Время на выгрузку	9:06	0:00	T_{23i}
7	Работа комбайна в загоне	9:32	0:26	T_1
8	Ожидание подъезда автотранспорта	9:41	0:09	T_{82}
9	Время на выгрузку	9:43	0:02	T_{23i}
10	Работа комбайна в загоне	10:07	0:24	T_1
11	Ожидание подъезда автотранспорта	10:12	0:05	T_{82}
12	Время на выгрузку	10:14	0:02	T_{23i}
13	Работа комбайна в загоне	10:40	0:26	T_1
14	Ожидание подъезда автотранспорта	10:49	0:09	T_{82}
15	Время на выгрузку	10:51	0:02	T_{23i}
16	Работа комбайна в загоне	11:15	0:24	T_1
17	Ожидание подъезда автотранспорта	11:15	0:00	T_{82}
18	Время на выгрузку	11:17	0:02	T_{23i}
19	Работа комбайна в загоне	11:43	0:26	T_1
20	Ожидание подъезда автотранспорта	11:55	0:12	T_{82}

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
21	Время на выгрузку	11:57	0:02	T_{23i}
22	Работа комбайна в загоне	12:21	0:24	T_1
23	Ожидание подъезда автотранспорта	12:21	0:00	T_{82}
24	Время на выгрузку	12:23	0:02	T_{23i}
25	Обед	12:47	0:24	
26	Работа комбайна в загоне	13:12	0:25	T_1
27	Ожидание подъезда автотранспорта	13:12	0:00	T_{82}
28	Время на выгрузку	13:14	0:02	T_{23i}
29	Работа комбайна в загоне	13:42	0:28	T_1
30	Ожидание подъезда автотранспорта	13:47	0:05	T_{82}
31	Время на выгрузку	13:49	0:02	T_{23i}
32	Работа комбайна в загоне	14:16	0:27	T_1
33	Ожидание подъезда автотранспорта	14:23	0:07	T_{82}
34	Время на выгрузку	14:25	0:02	T_{23i}
35	Работа комбайна в загоне	14:49	0:24	T_1
36	Ожидание подъезда автотранспорта	14:49	0:00	T_{82}
37	Время на выгрузку	14:51	0:02	T_{23i}
38	Работа комбайна в загоне	15:17	0:26	T_1
39	Ожидание подъезда автотранспорта	15:28	0:11	T_{82}
40	Время на выгрузку	15:30	0:02	T_{23i}
41	Работа комбайна в загоне	15:55	0:25	T_1
42	Ожидание подъезда автотранспорта	15:55	0:00	T_{82}
43	Время на выгрузку	15:57	0:02	T_{23i}
44	Работа комбайна в загоне	16:25	0:28	T_1
45	Ожидание подъезда автотранспорта	16:25	0:00	T_{82}
46	Время на выгрузку	16:27	0:02	T_{23i}
47	Работа комбайна в загоне	16:52	0:25	T_1
48	Ожидание подъезда автотранспорта	17:01	0:09	T_{82}
49	Время на выгрузку	17:03	0:02	T_{23i}

Основное время, 8 ч. 37 мин.

Время ожидания подъезда автотранспорта 1 ч. 12 мин.

Средняя рабочая скорость, 5 км/ч

Производительность за 1 ч основного времени, 4 га/ч

Удельный расход топлива, 2,2 л/т

Наблюдатель

Асирова
должность

[Подпись]
личная подпись

Тимошина М.И.
инициалы, фамилия

Ведущий инженер

[Подпись]
должность

[Подпись]
личная подпись

Зломаев И.А.
инициалы, фамилия

Ведущий экономист

[Подпись]
должность

[Подпись]
личная подпись

Кушман Д.С.
инициалы, фамилия



ХРОНОКАРТА № 2

Состав агрегата: зерноуборочный комбайн + жатка.
 Марка: ACROS 580 (базовой комплектации) + Power Stream.
 Наблюдатель: Тимошинов М.Г.

Область Воронежская район Лискинский. Наименование хозяйства: ОАО «Маяк» поле № 1.1.2 Технологическая операция: уборка зерновых. Площадь поля 117га. Схема движения комбайна: загонная Технология сбора и транспортировки зерна: прямой способ с использованием в качестве автотранспорта самосвала ГАЗ-САЗ-35071 с надставными бортами Культура, сорт: пшеница твердая яровая Безенчукская Режим работы: фактическая ширина захвата жатки 6,7м. Условия работы: урожайность 42,6 ц/га. Почва: средняя. Рельеф: ровный. Погода: ясно. Влажность: 13-15%.	Дата: 23.07.2018		
	Время наблюдения		
		час.	мин.
	Начало	8	04
	Конец	17	16
	Продолжительность	9	12
Схема участка 			

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
1	Работа комбайна в загоне	8:30	0:26	T_1
2	Ожидание подъезда автотранспорта	8:34	0:04	T_{82}
3	Время на выгрузку	8:36	0:02	T_{23i}
4	Работа комбайна в загоне	9:01	0:25	T_1
5	Ожидание подъезда автотранспорта	9:01	0:00	T_{82}
6	Время на выгрузку	9:03	0:02	T_{23i}
7	Работа комбайна в загоне	9:29	0:26	T_1
8	Ожидание подъезда автотранспорта	9:29	0:00	T_{82}
9	Время на выгрузку	9:31	0:02	T_{23i}
10	Работа комбайна в загоне	9:55	0:24	T_1
11	Ожидание подъезда автотранспорта	10:00	0:05	T_{82}
12	Время на выгрузку	10:02	0:02	T_{23i}
13	Работа комбайна в загоне	10:28	0:26	T_1
14	Ожидание подъезда автотранспорта	10:31	0:03	T_{82}
15	Время на выгрузку	10:33	0:02	T_{23i}
16	Работа комбайна в загоне	10:57	0:24	T_1
17	Ожидание подъезда автотранспорта	10:57	0:00	T_{82}
18	Время на выгрузку	10:59	0:02	T_{23i}
19	Работа комбайна в загоне	11:25	0:26	T_1
20	Ожидание подъезда автотранспорта	11:39	0:14	T_{82}

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
21	Время на выгрузку	11:41	0:02	T_{23i}
22	Работа комбайна в загоне	12:05	0:24	T_1
23	Ожидание подъезда автотранспорта	12:11	0:06	T_{82}
24	Время на выгрузку	12:13	0:02	T_{23i}
25	Обед	12:47	0:34	
26	Работа комбайна в загоне	13:12	0:25	T_1
27	Ожидание подъезда автотранспорта	13:23	0:11	T_{82}
28	Время на выгрузку	13:25	0:02	T_{23i}
29	Работа комбайна в загоне	13:53	0:28	T_1
30	Ожидание подъезда автотранспорта	13:58	0:05	T_{82}
31	Время на выгрузку	14:00	0:02	T_{23i}
32	Работа комбайна в загоне	14:27	0:27	T_1
33	Ожидание подъезда автотранспорта	14:27	0:00	T_{82}
34	Время на выгрузку	14:29	0:02	T_{23i}
35	Работа комбайна в загоне	14:53	0:24	T_1
36	Ожидание подъезда автотранспорта	15:01	0:08	T_{82}
37	Время на выгрузку	15:03	0:02	T_{23i}
38	Работа комбайна в загоне	15:29	0:26	T_1
39	Ожидание подъезда автотранспорта	15:41	0:12	T_{82}
40	Время на выгрузку	15:43	0:02	T_{23i}
41	Работа комбайна в загоне	16:08	0:25	T_1
42	Ожидание подъезда автотранспорта	16:08	0:00	T_{82}
43	Время на выгрузку	16:10	0:02	T_{23i}
44	Работа комбайна в загоне	16:38	0:28	T_1
45	Ожидание подъезда автотранспорта	16:38	0:00	T_{82}
46	Время на выгрузку	16:40	0:02	T_{23i}
47	Работа комбайна в загоне	17:05	0:25	T_1
48	Ожидание подъезда автотранспорта	17:14	0:09	T_{82}
49	Время на выгрузку	17:16	0:02	T_{23i}

Основное время, 8 ч. 38 мин.

Время ожидания подъезда автотранспорта 1 ч. 17 мин.

Средняя рабочая скорость, 5 км/ч

Производительность за 1 ч основного времени, 4 га/ч

Удельный расход топлива, 2,2 л/т

Наблюдатель

асмурат
должность

[подпись]
личная подпись

Тимошина
инициалы, фамилия

Ведущий инженер

Зоя
должность

[подпись]
личная подпись

Зоястарева
инициалы, фамилия

Ведущий экономист

Куш
должность

[подпись]
личная подпись

Кушмаш
инициалы, фамилия

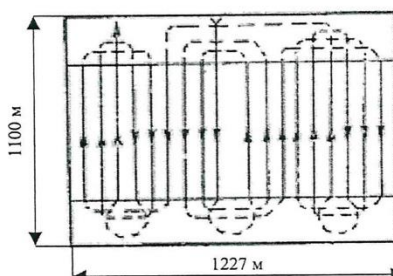


ХРОНОКАРТА № 3

Состав агрегата: зерноуборочный комбайн + жатка+ устройство для мониторинга наполненности бункера зерноуборочного комбайна

Марка: ACROS 580 (базовой комплектации) + Power Stream.

Наблюдатель: Тимошинов М.Г.

Область Воронежская район Лискинский. Наименование хозяйства: ОАО «Маяк» поле № 1.3.1 Технологическая операция: уборка зерновых. Площадь поля 135 га. Схема движения комбайна: загонная Технология сбора и транспортировки зерна: прямой способ с использованием в качестве автотранспорта самосвала ГАЗ-САЗ-35071 с надставными бортами Культура, сорт: пшеница твердая яровая Безенчукская Режим работы: фактическая ширина захвата жатки 6,7м. Условия работы: урожайность 42,6 ц/га. Почва: средняя. Рельеф: ровный. Погода: ясно. Влажность: 13-15%.	Дата: 24.07.2018		
	Время наблюдения		
		час.	мин.
	Начало	8	07
	Конец	16	09
	Продолжительность	8	02
Схема участка 			

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
1	Работа комбайна в загоне	8:32	0:25	T ₁
2	Ожидание подъезда автотранспорта	8:32	0:00	T ₈₂
3	Время на выгрузку	8:34	0:02	T _{23i}
4	Работа комбайна в загоне	8:58	0:24	T ₁
5	Ожидание подъезда автотранспорта	8:58	0:00	T ₈₂
6	Время на выгрузку	9:00	0:02	T _{23i}
7	Работа комбайна в загоне	9:26	0:26	T ₁
8	Ожидание подъезда автотранспорта	9:28	0:02	T ₈₂
9	Время на выгрузку	9:30	0:02	T _{23i}
10	Работа комбайна в загоне	9:56	0:26	T ₁
11	Ожидание подъезда автотранспорта	9:56	0:00	T ₈₂
12	Время на выгрузку	9:58	0:02	T _{23i}
13	Работа комбайна в загоне	10:25	0:27	T ₁
14	Ожидание подъезда автотранспорта	10:25	0:00	T ₈₂
15	Время на выгрузку	10:27	0:02	T _{23i}
16	Работа комбайна в загоне	10:53	0:26	T ₁
17	Ожидание подъезда автотранспорта	10:55	0:02	T ₈₂
18	Время на выгрузку	10:57	0:02	T _{23i}
19	Работа комбайна в загоне	11:21	0:24	T ₁

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
20	Ожидание подъезда автотранспорта	11:21	0:00	T_{82}
21	Время на выгрузку	11:23	0:02	T_{23i}
22	Работа комбайна в загоне	11:48	0:25	T_1
23	Ожидание подъезда автотранспорта	11:50	0:02	T_{82}
24	Время на выгрузку	11:52	0:02	T_{23i}
25	Обед	12:25	0:33	
26	Работа комбайна в загоне	12:49	0:24	T_1
27	Ожидание подъезда автотранспорта	12:52	0:03	T_{82}
28	Время на выгрузку	12:54	0:02	T_{23i}
29	Работа комбайна в загоне	13:18	0:24	T_1
30	Ожидание подъезда автотранспорта	13:18	0:00	T_{82}
31	Время на выгрузку	13:20	0:02	T_{23i}
32	Работа комбайна в загоне	13:45	0:25	T_1
33	Ожидание подъезда автотранспорта	13:48	0:03	T_{82}
34	Время на выгрузку	13:50	0:02	T_{23i}
35	Работа комбайна в загоне	14:16	0:26	T_1
36	Ожидание подъезда автотранспорта	14:17	0:01	T_{82}
37	Время на выгрузку	14:19	0:02	T_{23i}
38	Работа комбайна в загоне	14:45	0:26	T_1
39	Ожидание подъезда автотранспорта	14:45	0:00	T_{82}
40	Время на выгрузку	14:47	0:02	T_{23i}
41	Работа комбайна в загоне	15:13	0:26	T_1
42	Ожидание подъезда автотранспорта	15:13	0:00	T_{82}
43	Время на выгрузку	15:15	0:02	T_{23i}
44	Работа комбайна в загоне	15:40	0:25	T_1
45	Ожидание подъезда автотранспорта	15:40	0:00	T_{82}
46	Время на выгрузку	15:42	0:02	T_{23i}
47	Работа комбайна в загоне	16:07	0:25	T_1
48	Ожидание подъезда автотранспорта	16:07	0:00	T_{82}
49	Время на выгрузку	16:09	0:02	T_{23i}

Основное время, 7 ч. 29 мин.

Время ожидания подъезда автотранспорта 13 мин.

Средняя рабочая скорость, 5 км/ч

Производительность за 1 ч основного времени, 4 га/ч

Удельный расход топлива, 2,2 л/т

Наблюдатель

асираны
должность

[подпись]
личная подпись

Тимошенко А.П.
инициалы, фамилия

Ведущий инженер

[подпись]
должность

[подпись]
личная подпись

Засосарев С.А.
инициалы, фамилия

Ведущий экономист

[подпись]
должность

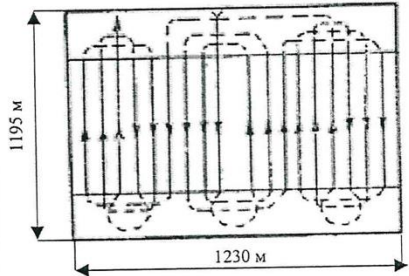
[подпись]
личная подпись

Кушмин Д.С.
инициалы, фамилия



ХРОНОКАРТА № 4

Состав агрегата: зерноуборочный комбайн + жатка+ устройство для контроля наполненности бункера зерноуборочного комбайна
 Марка: ACROS 580 (базовой комплектации) + Power Stream.

Область Воронежская район Лискинский. Наименование хозяйства: ОАО «Маяк» поле № 1.4.2 Технологическая операция: уборка зерновых. Площадь поля 147 га. Схема движения комбайна: загонная Технология сбора и транспортировки зерна: прямой способ с использованием в качестве автотранспорта самосвала ГАЗ-САЗ-35071 с надставными бортами Культура, сорт: пшеница твердая яровая Безенчукская Режим работы: фактическая ширина захвата жатки 6,7м. Условия работы: урожайность 42,6 ц/га. Почва: средняя. Рельеф: ровный. Погода: ясно. Влажность: 13-15%.	Дата: 25.07.2018		
	Время наблюдения		
		час.	мин.
	Начало	8	23
	Конец	16	27
	Продолжительность	8	04
Схема участка 			

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
1	Работа комбайна в загоне	8:47	0:24	T ₁
2	Ожидание подъезда автотранспорта	8:47	0:00	T ₈₂
3	Время на выгрузку	8:49	0:02	T _{23i}
4	Работа комбайна в загоне	9:14	0:25	T ₁
5	Ожидание подъезда автотранспорта	9:14	0:00	T ₈₂
6	Время на выгрузку	9:16	0:02	T _{23i}
7	Работа комбайна в загоне	9:40	0:24	T ₁
8	Ожидание подъезда автотранспорта	9:40	0:00	T ₈₂
9	Время на выгрузку	9:42	0:02	T _{23i}
10	Работа комбайна в загоне	10:09	0:27	T ₁
11	Ожидание подъезда автотранспорта	10:10	0:01	T ₈₂
12	Время на выгрузку	10:12	0:02	T _{23i}
13	Работа комбайна в загоне	10:38	0:26	T ₁
14	Ожидание подъезда автотранспорта	10:41	0:03	T ₈₂
15	Время на выгрузку	10:43	0:02	T _{23i}
16	Работа комбайна в загоне	11:08	0:25	T ₁
17	Ожидание подъезда автотранспорта	11:08	0:00	T ₈₂
18	Время на выгрузку	11:10	0:02	T _{23i}
19	Работа комбайна в загоне	11:35	0:25	T ₁
20	Ожидание подъезда автотранспорта	11:35	0:00	T ₈₂

№	Элемент времени рабочей смены (техники и обслуживающего персонала)	Время конца операции ч.мин	Продолжительность ч.мин	Шифр элемента времени
21	Время на выгрузку	11:37	0:02	T_{23i}
22	Работа комбайна в загоне	12:03	0:26	T_1
23	Ожидание подъезда автотранспорта	12:06	0:03	T_{82}
24	Время на выгрузку	12:08	0:02	T_{23i}
25	Обед	12:41	0:33	
26	Работа комбайна в загоне	13:06	0:25	T_1
27	Ожидание подъезда автотранспорта	13:06	0:00	T_{82}
28	Время на выгрузку	13:08	0:02	T_{23i}
29	Работа комбайна в загоне	13:33	0:25	T_1
30	Ожидание подъезда автотранспорта	13:33	0:00	T_{82}
31	Время на выгрузку	13:35	0:02	T_{23i}
32	Работа комбайна в загоне	13:59	0:24	T_1
33	Ожидание подъезда автотранспорта	13:59	0:00	T_{82}
34	Время на выгрузку	14:01	0:02	T_{23i}
35	Работа комбайна в загоне	14:28	0:27	T_1
36	Ожидание подъезда автотранспорта	14:29	0:01	T_{82}
37	Время на выгрузку	14:31	0:02	T_{23i}
38	Работа комбайна в загоне	14:56	0:25	T_1
39	Ожидание подъезда автотранспорта	14:58	0:02	T_{82}
40	Время на выгрузку	15:00	0:02	T_{23i}
41	Работа комбайна в загоне	15:25	0:25	T_1
42	Ожидание подъезда автотранспорта	15:27	0:02	T_{82}
43	Время на выгрузку	15:29	0:02	T_{23i}
44	Работа комбайна в загоне	15:54	0:25	T_1
45	Ожидание подъезда автотранспорта	15:56	0:02	T_{82}
46	Время на выгрузку	15:59	0:03	T_{23i}
47	Работа комбайна в загоне	16:25	0:26	T_1
48	Ожидание подъезда автотранспорта	16:25	0:00	T_{82}
49	Время на выгрузку	16:27	0:02	T_{23i}

Основное время, 7 ч. 31 мин.

Время ожидания подъезда автотранспорта 14 мин.

Средняя рабочая скорость, 5 км/ч

Производительность за 1 ч основного времени, 4 га/ч

Удельный расход топлива, 2,2 л/т

Наблюдатель

аспирант

должность

[Подпись]

личная подпись

Тимошин М.П.

инициалы, фамилия

Ведущий инженер

должность

Золотарев

личная подпись

Золотарев С.А.

инициалы, фамилия

Ведущий экономист

должность

Кушмин

личная подпись

Кушмин Д.С.

инициалы, фамилия



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(справочное)

Документы подтверждающие авторские права

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2018614033

Программа для оптического определения уровня зерна в
бункере комбайна

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Воронежский
государственный аграрный университет имени императора
Петра I» (RU)*

Авторы: *Пухов Евгений Васильевич (RU), Тимошинов Михаил
Григорьевич (RU), Следченко Виталий Анатольевич (RU)*

Заявка № 2018611327


Дата поступления 09 февраля 2018 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 27 марта 2018 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2017 127 336** (13) **A**

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**
(12) **ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

Состояние делопроизводства: Экспертиза по существу завершена (последнее изменение статуса:
21.07.2018)

(21)(22) Заявка: **2017127336**, 31.07.2017

(30) Конвенционный приоритет:;
.. RU

Делопроизводство

Исходящая корреспонденция		Входящая корреспонденция	
Решение о выдаче патента	19.07.2018	Дополнительные материалы	25.06.2018
Уведомление об удовлетворении ходатайства	05.07.2018	Ходатайство о внесении изменений в формулу изобретения	25.06.2018
Отчет об информационном поиске	04.06.2018		
Запрос экспертизы	04.06.2018		
Уведомление об удовлетворении ходатайства	05.12.2017	Ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу	31.07.2017
Уведомление о положительном результате формальной экспертизы	28.11.2017	Дополнительные материалы	20.11.2017
Письмо произвольной формы	13.11.2017	Письмо для ответа	12.10.2017
Запрос формальной экспертизы	08.09.2017		
Уведомление о зачете пошлины	08.09.2017	Платежный документ	31.07.2017
Уведомление о поступлении документов заявки	02.08.2017		



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет
имени императора Петра I»

ДИПЛОМ

УЧАСТНИКА МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 85-ЛЕТИЮ
АГРОИНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТА

*«АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМПЛЕКС
НА РУБЕЖЕ ВЕКОВ»*

награждается

ПРИМОШИНОВ

Михаил Григорьевич

за высокий уровень доклада
и значительный вклад в развитие научных основ АПК

Научный руководитель: д-р техн. наук Кондрашова Е.В.

Ректор ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
им. императора Петра I

Бухтояров Н.И.

Декан агроинженерного факультета

Оробинский В.И.

РОССИЯ, г. ВОРОНЕЖ

26-27 ноября 2015 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I»
Агроинженерный факультет

СЕРТИФИКАТ

УЧАСТНИКА НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

«НАУКА ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА»

ВЫДАН

ЛЮДИМОШИНОВУ МИХАИЛУ ТРИГОРЬЕВИЧУ

за доклад на тему:

«АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ОБОРУДОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В АПК»

Ректор ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ
им. императора Петра I

Декан агроинженерного факультета



Н.И. Бухтояров

В.И. Оробинский

РОССИЯ, г. ВОРОНЕЖ 2016 г.