

Муромский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых»

На правах рукописи

Провоторов Алексей Владимирович

**Алгоритмы двухуровневого управления видеодатчиками системы
автоматической идентификации маркировки слябов**

Специальность: 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка
информации (промышленность)

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент А.А. Орлов

Муром – 2014

Оглавление

Введение.....	4
Глава 1 Анализ задачи, методов и систем идентификации промышленной продукции	10
1.1 Описание задачи идентификации слябов на промышленном предприятии	10
1.2 Анализ методов идентификации промышленной продукции	19
1.3 Обзор и анализ систем и методов идентификации на основе СТЗ	24
1.4 Описание комплекса технических средств системы технического зрения.....	29
1.5 Выводы по 1-й главе	32
1.6 Постановка задач исследования	32
Глава 2 Разработка математической модели и алгоритмов управления видеодатчиками	33
2.1 Разработка математической модели.....	33
2.2 Разработка алгоритмов автоматического управления видеодатчиками	41
2.3 Выводы по 2-й главе	55
Глава 3 Разработка системы автоматической идентификации маркировки слябов.....	56
3.1 Проектирование системы автоматической идентификации маркировки	56
3.2 Имитационная модель системы автоматической идентификации маркировки слябов	66
3.3 Разработка системы автоматической идентификации маркировки слябов	67
3.4 Выводы по 3-й главе	82
Глава 4 Экспериментальные исследования разработанной системы	83
4.1 Проверка адекватности разработанной математической модели системы "маркированное изделие – измерительная среда"	83
4.2 Экспериментальное исследование разработанных алгоритмов наведения видеодатчиков.....	92
4.3 Экспериментальное исследование работы построенной системы автоматической идентификации маркировки слябов.....	99
4.3 Выводы по 4-й главе	112

Заключение	113
Список сокращений и условных обозначений	115
Список литературы	116
Список иллюстрированного материала	131
Приложение А Акт внедрения результатов диссертационной работы на ОАО «Выксунский металлургический завод»	134

Введение

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

В связи с ростом масштабов работ по интенсификации и компьютеризации и комплексной автоматизации производства автоматизация управления технологическими процессами на промышленных предприятиях является актуальной. Это привело к возможности появления систем, способных решать задачи автоматизации в различных областях промышленности. Применение таких систем не только позволяет повысить эффективность производства и снизить затраты, но и позволяет заменить человека в опасных и вредных зонах производства, значительно уменьшает его рутинный труд.

Одной из таких задач автоматизации является обеспечение контроля промышленных изделий в процессе транспортировки по территории предприятий. Для решения данной задачи применяется маркировка изделий.

Существует большое количество методов идентификации маркировки, применяемых при различных условиях и особенностях производства. Наиболее часто используются методы на основе радиочастотных меток и меток с использованием штрих-кода.

В настоящее время наблюдается растущий интерес к технологиям и системам автоматической идентификации на основе технического зрения. Системы технического зрения предназначены для автоматического распознавания, определения координат, контроля внешнего вида объектов произвольной формы и используются в различных областях науки и техники.

Вклад в разработку методов и систем идентификации на основе технического зрения внесли Хауштайн Х.Д., Хлытчиев М.С., Садыков С.С., Титов В.С., Сырякин В.И., S. Draghici, O. Martinsky, H. Kwasnicka, S. Sexton, J. Wentworth.

Для повышения оперативности производства на предприятии «Выксунский металлургический завод» существует задача обеспечения автоматического контроля транспортировки металлопрокатных заготовок (слябов). Однако, применение существующих методов и систем идентификации изделий в данном случае невозможно или малоэффективно ввиду наличия следующих особенностей:

– невозможность точного определения местоположения изделия и соответственно невозможность идентификации маркировки;

– большое отношение расстояния до объекта идентификации к его размерам снижает достоверность и оперативность идентификации при использовании существующих систем.

Таким образом, разработка методов, алгоритмов и систем автоматической идентификации маркировки, способной достоверно и оперативно обеспечивать контроль движения изделий на промышленном предприятии, является актуальной научно-технической задачей.

Объект исследования — системы контроля движения продукции.

Предмет исследования — технические средства и алгоритмы автоматической идентификации и локализации маркировки.

Целью работы является повышение оперативности системы движения металлопрокатной продукции на складе слябов и заготовок промышленного предприятия.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать математическую модель системы автоматической идентификации маркировки.

2. Разработать алгоритмы автоматического наведения и обнаружения маркировки.

3. Разработать систему автоматической идентификации маркировки слябов.

4. Экспериментально исследовать разработанные алгоритмы и систему автоматической идентификации маркировки слябов.

Научная новизна работы:

– разработана новая научная идея автоматической идентификации маркировки, основанная на двухуровневом масштабировании и наведении видеодатчиков;

– предложены алгоритмы управления системой автоматической идентификации маркировки, обеспечивающие оперативный контроль движения слябов;

– доказаны перспективность и практическая значимость исследований для решения задачи автоматической идентификации маркировки слябов в промышленных условиях;

– введены понятие процесса идентификации маркировки промышленных изделий в условиях металлопрокатного производства.

Теоретическая значимость работы обоснована следующим:

– доказаны положения, вносящие вклад в расширение представлений о построении алгоритмов и систем автоматической идентификации маркировки промышленных изделий;

– применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе, методов математического моделирования и экспериментальных методик;

– изложены факторы, оказывающие влияние на достоверность и оперативность идентификации маркировки в сложных промышленных условиях.

– раскрыты несоответствия существующих систем технического зрения требованиям металлопрокатного производства.

– изучены внутренние и внешние связи элементов системы автоматической идентификации маркировки слябов.

Практическая значимость:

– разработаны и внедрены алгоритмы автоматического обнаружения маркировки обеспечивающие заданную точность и оперативность распознавания маркировки металлопрокатных заготовок, на промышленном предприятии

«Выксунский металлургический завод», что подтверждается соответствующим актом;

– определена область практического использования полученных результатов при создании промышленных систем идентификации маркировки;

– создана система практических рекомендаций для построения комплекса технических средств системы автоматической идентификации маркировки промышленных изделий;

– представлены методические рекомендации по эксплуатации системы автоматической идентификации маркировки.

Методология и методы исследования. В работе использованы основные понятия теории алгоритмов, системного анализа, математического моделирования, теории вероятностей и математической статистики, теории управления, теории распознавания образов, цифровой обработки изображения.

Положения, выносимые на защиту:

– математическая модель системы «маркированное изделие – измерительная среда», позволяет определить идентификационные данные о перемещаемой промышленной продукции на складе слябов и заготовок металлопрокатного комплекса;

– алгоритмы управления видеодатчиками системы автоматической идентификации маркировки обеспечивают достоверную локализацию изображения сляба и маркера на нем;

– система автоматической идентификации маркировки слябов обеспечивает идентификацию и оперативный контроль металлопрокатных заготовок в процессе движения на складе слябов и заготовок на металлопрокатном комплексе;

– результаты экспериментальных исследований разработанных алгоритмов и системы автоматической идентификации подтверждают необходимую достоверность и оперативность их работы в реальных условиях производства металлопрокатного комплекса.

Степень достоверности результатов исследования обусловлена тем, что:

– для экспериментальных работ результаты измерений получены на сертифицированном оборудовании Basler, Conecranes, Siemens; показана воспроизводимость результатов исследования в различных условиях металлопрокатного комплекса СТАН 5000;

– теория построена на известных проверяемых данных с использованием методов теории моделирования, теории эксперимента, программирования и согласуется с опубликованными в журналах ВАК и РИНЦ экспериментальными данными по теме диссертации;

– идея базируется на анализе практики, передового опыта и основах теории моделирования, методах технологии визуального проектирования и событийного программирования;

– использованы сравнения авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике на складе металлопрокатного комплекса СТАН 5000;

– установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, полученными в ходе имитационного моделирования процесса при непосредственных измерениях с использованием сертифицированных приборов;

– использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, а также новейшие способы и средства хранения информации с применением средств вычислительной техники.

Апробация результатов

Полученные в работе основные результаты представлены в виде алгоритмов и системы автоматической идентификации маркировки слябов. Достоверность разработанных алгоритмов и системы подтверждена результатами проведенных экспериментальных исследований и практическим применением на металлургическом предприятии.

Результаты работы получены автором при выполнении: хоздоговорной НИР №425/11 «Разработка, изготовление, поставка и пусконаладочные работы программного обеспечения системы автоматической идентификации маркировки

слябов на складе слябов и заготовок толстолистового прокатного стана ОАО «Выксунский металлургический завод»; грантов РФФИ № 13-07-00825 А «Теория наследственности и изменчивости признаков на последовательностях цифровых изображений и ее применение в системах технического зрения» и № 13-07-00845 А «Система и технология идентификации маркировки по последовательности разноракурсных изображений»; гранта УМНИК 2012-2013 «Разработка системы автоматической идентификации промышленной продукции на основе анализа изображений с управляемых видеодатчиков» и используются на складе слябов и заготовок ОАО «Выксунский металлургический завод» для идентификации металлопрокатных заготовок.

Диссертационная работа и отдельные ее части докладывались и обсуждались на межд. конф. «Татищевские чтения» (ВУиТ, г. Тольятти, 2011), межд. конф. «Перспективы развития информационных технологий» (НГТУ, г. Новосибирск, 2011), межд. конф. «Современные исследования и развитие» (Бялгород-БГ ООД, г. София, 2011), межд. конф. «Измерение, контроль, информатизация ИКИ-2012», (АлтГТУ, г. Барнаул, 2012) 14-ой и 15-ой межд. конф. «Цифровая обработка сигналов и её применение DSPA» (ИПУ РАН, г. Москва, 2012, 2013), межд. конф. «Распознавание 2013» (ЮЗГУ, г. Курск, 2013), межд. конф. «Техническое зрение в системах управления» (ИКИ РАН, г. Москва, 2013), «Зворыкинские чтения» (МиВлГУ, г. Муром, 2011-2013).

Глава 1 Анализ задачи, методов и систем идентификации промышленной продукции

1.1 Описание задачи идентификации слябов на промышленном предприятии

Характеристика особенностей и условий производства на исследуемом предприятии

Выксунский металлургический завод — один из старейших центров металлургической промышленности России, технология и оборудование, которого соответствуют самым высоким международным стандартам; является одним из наиболее технически оснащенных и модернизированных металлургических производств России, имеющим в настоящее время в своем составе три комплекса.

Описание производственных мощностей компании:

- колесопрокатный комплекс;
- трубоэлектросварочный комплекс производства труб большого диаметра;
- трубоэлектросварочный комплекс производства труб малого и среднего диаметра;
- металлургический комплекс СТАН-5000.

Металлургический комплекс СТАН-5000 спроектирован как специализированный комплекс по производству листа для трубной продукции. Широкий лист производства МКС-5000 предназначен для изготовления труб большого диаметра, используемых для строительства магистральных нефте- и газопроводов.

Составной частью металлургического комплекса СТАН-5000 является склад слябов и заготовок, основное назначение которого – обеспечить хранение металлических заготовок (слябов), а также их транспортировку на участок резки.

В настоящее время на складе слябов и заготовок существует задача обеспечить автоматический контроль и учёт заготовок. Для решения данной задачи необходимо разработать и внедрить систему автоматической идентификации (САИ).

Техническое оснащение склада слябов и заготовок:

- краны фирмы «KONECRANES», обеспечивают разгрузку новых заготовок, а также транспортировку выбранного сляба между участками склада;
- АСУ крана, обеспечивающая сбор и передачу данных с датчиков крана;
- АСУТП, организует работу склада слябов и заготовок, обеспечивает сбор и хранение данных с технологического оборудования склада.

Технологические особенности процесса транспортировки слябов

В связи с возможностью получения брака в прокатке, а также с учетом технологических и конструктивных особенностей прокатного стана, прежде всего реверсивной прокатки, расположением машины резки слябов на складе слябов и заготовок, предусмотрено как прямое (в сторону печей) так и обратное движение материалов по складу слябов и заготовок.

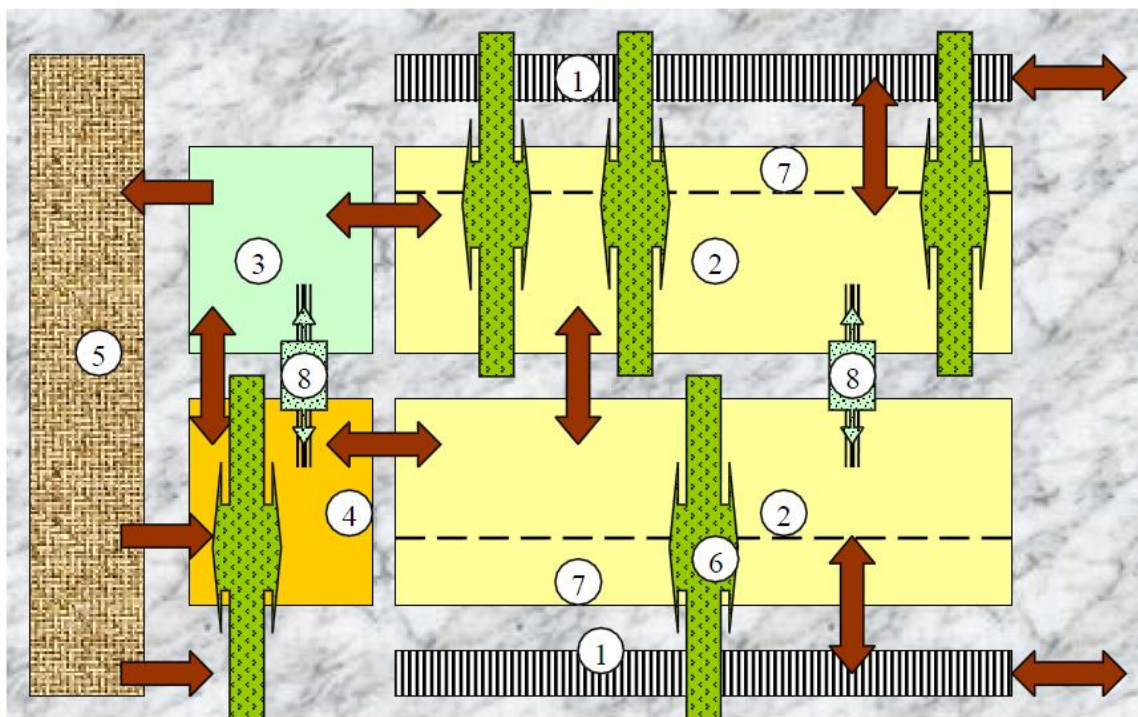


Рисунок 1.1 – Схема движения материалов

1 – железнодорожные пути,

2 – зоны хранения материалов,

3 – зона отгрузки,

4 – зона резки,

5 – основное производство,

6 – мостовой кран,

7 – зона приемки и идентификации материалов, в которой производится ручная идентификация слябов, нанесение и корректировка маркировки, размер зоны определяется динамически,

8 – передаточная тележка.

Стрелками показаны допустимые направления движения материалов.

Верхний по рисунку 1.1 пролет мостовых кранов считается первым, нижний – вторым.

Принцип движения материалов на складе слябов и заготовок.

По подъездным путям (1) приходят железнодорожные составы, состоящие из нескольких платформ, на которые погружены заготовки (слябы), в зоне приемки (7) и основной зоне склада (2) производится учет и хранение заготовок.

Предусмотрены как автоматическая, так и ручная идентификация входящих материалов.

Скомплектованные в зоне отгрузки (3) заготовки отдаются в производство (5). Обрато с производства поступают испорченные заготовки (брак) и полуфабрикаты (полураскаты) в случае, когда часть продукции продается после неполного цикла обработки или идет повторно в производство после порезки. После обратной погрузки на порожние платформы полуфабрикаты брак уходят со склада заготовок.

На участке резки (4) заготовки, полуфабрикаты и брак режутся на куски на машине газовой резки для дальнейшей обработки. Таким образом, участок резки взаимодействует со семи прилегающими участками склада.

Перемещение материалов по складу, разгрузка и погрузка на платформы осуществляются мостовыми кранами.

На складе слябов и заготовок работает пять мостовых кранов, согласованных между собой на контроллерном уровне и уровне АСУТП склада.

Обычная последовательность движения материала по складу состоит из следующих этапов.

- До поступления сляба на склад в систему управления складом приходит сигнал (телеграмма) от системы планирования производства о планируемой поставке материалов.

- На основе планов определяется, а при необходимости подготавливается место для хранения планируемых слябов.

- Слябы, размещенные на платформах, поступают на склад по железнодорожным путям.

- Сляб снимается с платформы мостовым краном, при наличии маркировки, нанесенной на сляб машинным способом, маркировка считывается в момент подъема сляба к мосту крана.

Снятый с платформы сляб укладывается рядом с путями на специально отведенное для этого место, при необходимости маркировка сляба исправляется или наносится вручную на сляб, слябу присваивается номер для внутреннего учета на складе и отслеживания его движений, автоматически или вручную номер вводится в систему управления складом.

- В систему планирования производства направляется подтверждение приемки сляба на склад, и с этого момента данный сляб может быть направлен в производство.

- По мере того, как состав разгружается, система управления складом вычисляет наилучшее место хранения и формирует последовательность команд по размещению слябов на складе.

- Согласно командам системы управления складом слябы укладываются в основной зоне склада, учитывается дополнительная информация о характере использования сляба, позволяющая уменьшить время всех операций над слябом на складе.

- В случае сбоев системы управления складом положение и маркировка слябов могут заново вводиться вручную с помощью терминалов сбора данных.
- Скорректированная информация о наличии материалов на складе отправляется в систему планирования производства.
- По мере поступления планов прокатки и планов порезки слябов система управления складом формирует очередь заданий по перемещению слябов на соответствующие участки.
- В один или несколько приемов, с участием одного, двух или трех кранов сляб доставляется из основной зоны склада в зону отгрузки, где занимает место в очереди на прокатку или в зону резки.
- При погрузке сляба на подводящий рольганг реализуется блокировка механизмов, предотвращающая опасные режимы работы.
- После погрузки сляба на рольганг или на машину газовой резки отправляется подтверждение в систему планирования производства.
- Осуществляется блокировка движения кранов при их одновременной работе в пролете.
- Информация о планах поступления и отгрузки слябов и о состоянии склада, а также сформированные системой управления складом команды доступны для просмотра и корректировки с места оператора склада.
- Оператор склада может вмешаться в работу системы управления складом по автоматическому назначению заданий, если есть дополнительная информация, не учтенная в системе, или если очевидно несоответствие в работе системы управления складом.
- При приемке брака со стана и его погрузке на платформы предусмотрены аналогичные операции по обмену данными с системой планирования производства.

Движение материалов осуществляется по следующим принципам.

- Наибольшая прямоточность – движение идет по кратчайшему пути с наименьшим числом операций перевалки.

– Равномерная загрузка оборудования склада – движение идет в несколько приемов, что дает возможность проводить ряд операций складской обработки параллельно, например, разгрузку и учет (идентификацию) слябов с нестандартной маркировкой.

– Оптимизация движения – с учетом требований последовательной загрузки слябов в печь совмещены операции по сортировке и перемещению слябов по складу в направлении печей таким образом, чтобы в зоне отгрузки были комплекты готовые к загрузке в печи.

– Использование всей актуальной информации – при наличии дополнительной информации о характере использования сляба (наличие аналогичного материала, планов прокатки, резки) прокладывается самый быстрый маршрут движения.

Процесс транспортировки слябов контролируется системой управления технологическими процессами предприятия.

Описание автоматизированной системы управления технологическими процессами предприятия

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУТП) склада предназначена для учета листов, поступающих на склад, управления движением материала по складу, управления загрузкой оборудования и персонала, координации работы мостовых кранов, обеспечения первичной информацией системы планирования производства (PPS) и системы планирования ресурсов (ERP).

Основные цели создания АСУТП склада.

1. Автоматизированный учет и хранение листов.
2. Автоматизированное формирование заданий оператору мостового крана.
3. Автоматизированное управление движением материала по складу.
4. Автоматизированное управление загрузкой оборудования и персонала.
5. Сбор необходимой информации о работе склада и передача информации систему управления производством верхнего уровня (PPS, ERP).

6. Обеспечение блокировок при взаимодействии мостовых кранов и технологического оборудования склада.

7. Ввод и представление актуальной информации о хранимом материале на складе и грузопотоках.

8. Повышение эффективности работы производства.

АСУТП склада позволяет решать следующие задачи.

1. Автоматическое управление основными параметрами склада без участия оператора.

2. Управление мостовыми кранами по индивидуальным программам.

3. Обеспечение всех блокировок на режимы работы оборудования.

4. Обработка материалов на складе по оптимальному алгоритму.

5. Непрерывный контроль местонахождения каждого листа или пакета в пределах площади склада.

6. Прием с верхнего уровня (PPS) управляющего воздействия (телеграммы) по протоколу ТСР/IP в виде задания на отгрузку материалов.

7. Ввод и отработка сигналов ручного управления складом.

8. Отображение необходимой информации и сигнализация о работе и состоянии системы управления склада.

9. Сбор необходимой информации о работе склада и передача информации системе PPS.

10. Защита от неправильного воздействия: защита механизмов от физического взаимодействия друг с другом.

11. Автоматизированное управление движением материала по складу.

12. Автоматизированное управление загрузкой оборудования и персонала.

Система управления складом структурирована по следующим уровням иерархии:

– уровень 1: базовая автоматика;

– уровень 2: уровень АСУТП.

Уровень 1 представляет собой аппаратно-программный комплекс, состоящий из промышленного контроллера мостового крана, системы

автоматической идентификации маркировки и сетевых интерфейсов взаимодействия. На данном уровне решаются задачи обеспечения необходимых блокировок и получения первичной информации от смежных систем.

Уровень 2 реализован по трехзвенной схеме – клиент-сервер приложение-база данных – и состоит из следующих аппаратно-программных комплексов:

- сервер баз данных;
- сервер склада;
- автоматизированное рабочее место (АРМ) склада;
- терминал сбора данных (мобильный терминал).

На уровне 2 решаются задачи учета и планирования, визуализации и формирования отчетов, ввода первичной информации.

Общая схема функциональной структуры показана на рисунке 1.2:

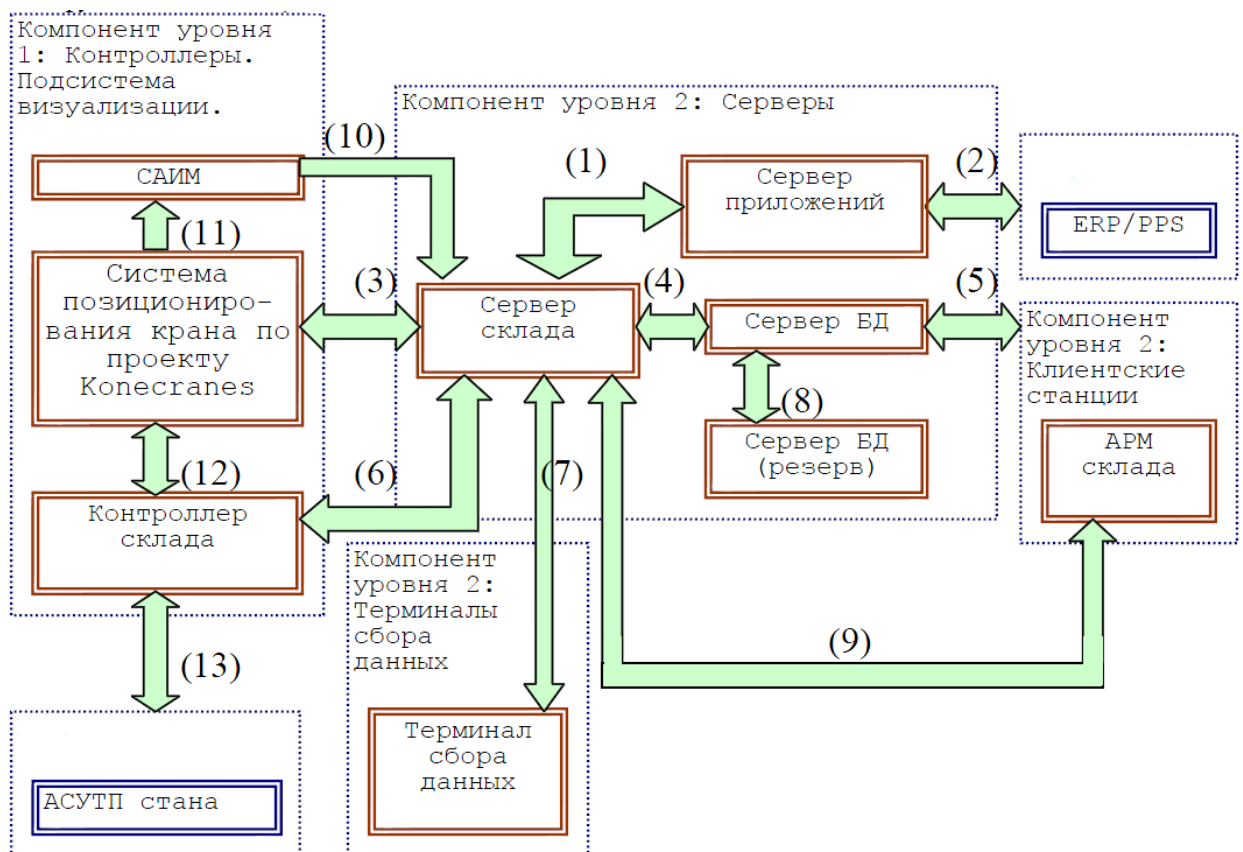


Рисунок 1.2 – Схема функциональной структуры АСУТП

На схеме представлены следующие обозначения.

- Сервер приложений – межсетевой экран, компьютер, включенный в сеть склада и сеть систем управления ERP/PPS.
- Сервер склада – аппаратно-программный комплекс автоматизированного управления и обмена данными на складе слябов и заготовок.
- Сервер БД – промышленный сервер СУБД Oracle, участвующий в обмене данными.
- АРМ склада – рабочее место контроля данных, регулировки склада.
- Терминал сбора данных – переносной компьютер, оснащенный встроенными средствами чтения стандартных маркировок.
- Система позиционирования крана – координатно-измерительный комплекс привязки и отсчета системы координат крана относительно системы координат склада.
- Контроллер склада – система базовой автоматики, обеспечивающая необходимые технологические блокировки.
- ERP/PPS – совокупность систем планирования(ERP) и управления ресурсами(PPS).
- САИМ – Система автоматической идентификации маркировки, установленная на мостовых кранах склада слябов и заготовок.

Представленная структура АСУТП склада слябов описывает основные элементы системы, их взаимосвязи и определяет место разрабатываемой системы автоматической идентификации маркировки.

Требования к системе автоматической идентификации слябов

Рассмотренные условия транспортировки слябов и структура комплекса АСУТП позволяют выделить следующие ключевые особенности при разработке системы автоматической идентификации изделий:

- 1) Процесс транспортировки сляба состоит из нескольких этапов:
 - установка крана в позицию рядом со слябом;
 - подведение магнита крана к середине сляба. Захват груза;

- поднятие сляба на транспортировочную высоту;
- транспортировка сляба на заданной высоте к месту разгрузки;
- разгрузка. Опускание груза. Отключение захвата магнита.

2) Уровень освещенности на складе меняется с течением времени дня.

При дневном свете уровень освещенности является умеренным. В темное время суток используется внутреннее освещение, уровень которого значительно меньше уровня дневного света.

3) Технические параметры:

- протяженность моста крана может достигать 34 м;
- высота поднятия груза может достигать семи метров;
- протяженность транспортировочного участка склада составляет 200 м.

На основании задач автоматической системы управления технологическими процессами необходимо разработать систему автоматического контроля слябов, удовлетворяющую следующим требованиям:

- обеспечение автоматической идентификации сляба в процессе его перемещения краном по складу. Время идентификации не должно превышать 15с;
- обмен информацией с АСУ крана, для оповещения водителя о стадии идентификации и сообщения результата распознавания;
- обмен информацией с АСУТП склада, передача всей необходимой информации для отслеживания перемещения и номера сляба;
- функционирование в непрерывном круглосуточном режиме.

Установленные требования являются ключевыми при построении системы автоматической идентификации слябов.

1.2 Анализ методов идентификации промышленной продукции

В настоящее время при создании систем автоматической идентификации изделий используются методы маркировки:

- метод ударно-точечной гравировки иглой – основан на механическом воздействии на маркируемую поверхность изделия заостренного стержня (иглы),

изготовленного из сверхтвердого сплава. Игла размещена внутри специальной рабочей головки и совершает колебания под действием давления сжатого воздуха [56];

– лазерная маркировка – состоит в модификации поверхности маркируемого материала под воздействием лазерного излучения. Изменение его оптических, химических или геометрических свойств вследствие локального разогрева, плавления и частичного испарения обуславливает высокую степень разрешения лазерной маркировки при минимальном термомеханическом воздействии на маркируемое изделие [31];

– электрохимическая маркировка – основана на протекании электрохимических реакций в среде электролита при воздействии электрического тока низкого напряжения, при которых изображение с трафарета переносится на токопроводящую поверхность маркируемого изделия. Результатом таких реакции является либо изменение цвета поверхности изделия, либо изменение рельефа поверхности на глубину от 2-6 мкм до 0,2 мм в случае травления изделий из мягких металлов [61];

– каплеструйная маркировка – представляет собой нанесение на товар условных обозначений, штрих-кодов с использованием нестираемых чернил. Маркировка проводится бесконтактным способом, когда продукт передвигается по конвейерной ленте, при этом не происходит прямого контакта с продуктом [53];

– радиационная маркировка – включает нанесение на контролируемый объект опознавательного знака в виде смеси элементов, отличных от элементов материала контролируемого объекта, облучение нанесенного опознавательного знака источником излучения, измерение и регистрацию ответного излучения, повторение облучения опознавательного знака при каждой операции контроля и сравнение измеренного при этом ответного излучения с ранее зарегистрированным ответным излучением [54];

– электромагнитная маркировка (RFID) предполагает нанесение самоклеящаяся полосок длиной до 20 см, содержащие полоски из намагниченных

аморфных металлов. Излучение этих меток фиксируется приёмником, создающим низкочастотное электромагнитное поле 10 – 70 кГц [16; 111; 121].

Каждый из описанных методов имеет как свои преимущества, так и недостатки. Для их сравнения необходимо выделить основные характеристики, которые качественно оценивают данный метод и имеют большое значение в рамках промышленного производства:

- высокая стойкость нанесения. Одна из основных характеристик, которая должна обеспечиваться при маркировке продукции. Стойкость наносимой информации влияет на возможность распознавания изделия как функцию контроля за выпуском продукции;

- прослеживаемость. Характеристика, тесно связанная со стойкостью нанесения, так как определяет степень распознаваемости нанесенной информации, что важно при автоматизированном контроле производства [26];

- высокая скорость нанесения. Важный показатель для крупных производств с большими объемами выпускаемой продукции. Внедрение процедуры автоматизированной маркировки изделий не должно значительно увеличивать время полного цикла выпуска, что отрицательно скажется на производительности;

- низкая стоимость. Процедура внедрения маркировки не должна быть очень затратной для предприятия, так как это отрицательно скажется на себестоимости продукции, а вследствие и в конкурентоспособности ее на рынке;

- низкое потребление расходных материалов. Маркировка изделий часто подразумевает появление дополнительных расходов для поддержания процесса нанесения. Это обусловлено потребностью аппаратов в расходных материалах, таких как, например, краска;

- отсутствие повреждений на поверхности после маркировки. Некоторые методы нанесения маркировки приводят к частичной деформации поверхности детали, что недопустимо на некоторых производствах;

- виды маркируемых поверхностей. Поверхность изделия не всегда может быть плоской и ровной, поэтому при процессе маркировки необходимо учитывать различные виды поверхностей, таких как круглые, плоские или криволинейные;
- высокое качество нанесения. Также как и характеристика стойкости, качество нанесений играет немаловажную роль в процессе распознавания кода выпускаемого изделия;
- поддержка нескольких цветов нанесения. Позволяет повысить точность распознавания благодаря подбору цвета для конкретного вида изделия.

Анализ характеристик рассмотренных методов приведен в таблице 1.1.

Из проведенного системного анализа вытекают следующие выводы.

Рассмотренные методы могут быть использованы для внедрения на производстве системы автоматического отслеживания деталей, благодаря высокой стойкости, прослеживаемости и качеству нанесения. Наиболее полно этим критериям соответствует метод лазерной маркировки. Методы электрохимической и каплеструйной маркировки уступают в стойкости нанесенных обозначений, а метод ударно-точечной маркировки не гарантирует высокого качества нанесения. Метод каплеструйной маркировки, в отличие от остальных, поддерживает несколько цветов нанесения обозначений, что повышает степень распознаваемости изделий.

С точки зрения экономичности производства, наиболее важны такие характеристики, как высокая скорость нанесения, низкая стоимость внедрения и потребление расходных материалов. Метод лазерной маркировки в данном случае выделяется благодаря высокой скорости и отсутствию расходных материалов, но уступает остальным методам в стоимости внедрения. Из недорогих можно выделить методы каплеструйной и ударно-точечной маркировки. Преимуществом первого метода является высокая скорость нанесения маркировки, в то время как потребление расходных материалов является слабым местом, по сравнению с другими методами. Что касается метода ударно-точечной маркировки, то его отличает отсутствие расходных материалов, но при этом крайне низкая скорость нанесения маркировки.

Приспособленность методов маркировки к различным типам промышленных изделий оценивается характеристиками «Виды маркируемых поверхностей» и «Безопасность маркировки для поверхности детали». Эти показатели плохо выражены у метода ударно-точечной гравировки, остальные методы соответствуют стандартам.

Таблица 1.1 – Анализ характеристик методов маркировки

Метод маркировки	Высокая стойкость	Прослеживаемость	Высокая скорость нанесения	Низкая стоимость	Потребление расходных материалов	Отсутствие повреждений на поверхности после маркировки	Виды маркируемых поверхностей (круглые, плоские, криволинейные)	Высокое качество нанесения	Поддержка нескольких цветов нанесения	Оценка метода
Метод ударно-точечной гравировки	+	+		+	+					16
Метод лазерной маркировки	+	+	+		+	+	+	+		29
Метод электрохимической маркировки		+		+		+	+	+		23
Каплевая маркировка с использованием штрих-кода		+	+	+		+	+	+	+	30
Радиационная маркировка	+	+					+	+		19
Электромагнитная маркировка (RFID)		+	+	+			+			17
Важность критерия для рассматриваемого производства по 5-ти бальной шкале	4	5	3	4	3	4	5	5	4	-

Методы на основе технологии RFID имеют сравнительно больше преимуществ над системами штрихового кодирования, но главным недостатком является использование радиочастотных меток. В условиях транспортировки изделий на складе слябов и заготовок использование меток RFID совместно с работающим магнитом крана, а также другим установленным оборудованием создает проблему появления помех при идентификации. Другим препятствием внедрения систем такого типа является нецелесообразность установки стационарного приемника сигнала, т.к. кран является движущейся системой и требует наличия приемника как своей составной части. Также в процессе перемещения сляба на транспортной высоте, в области считывания окажется не только поднятый сляб, но и другие заготовки, складываемые внизу, что является препятствием при идентификации.

Стоит также отметить намного большую стоимость разработки и внедрения RFID систем в сравнении с системами на основе штрих-кодирования.

Исходя из особенностей производства на ОАО «ВМЗ», в таблице 1.1 приведены оценки по пятибалльной шкале каждой характеристики в рассматриваемых методах. Итоговая оценка каждого метода отражает его применимость в рамках описываемого предприятия.

Таким образом, исходя из потребностей ОАО «ВМЗ» по идентификации слябов, наиболее оптимальным методом маркировки является метод каплеструйной маркировки с использованием штрих-кода, наиболее соответствующий предъявленным требованиям.

В выбранном методе в качестве распознаваемого элемента используется сочетание символьного и штрихового кода.

1.3 Обзор и анализ систем и методов идентификации на основе СТЗ

В рамках анализа существующих методов идентификации промышленной продукции был выбран метод каплеструйной маркировки на основе штрихкодирования. Данный метод предполагает считывание штрих-кода

специальным устройством-сканером и решается использованием специализированных систем технического зрения (СТЗ) [107,126,34].

Системы технического зрения (СТЗ) динамично развиваются в целях необходимости модернизации производства и позволяют автоматически анализировать изображения промышленной продукции (идентифицируя ее по маркерам). Системы автоматической идентификации (САИ) использующие СТЗ заменяют человека в опасных и вредных зонах производства, значительно уменьшают его рутинный труд в ситуациях, где практически невозможно применение других существующих методов идентификации [97,101].

В настоящее время можно выделить следующий ряд систем, используемых для идентификации, символьных или штриховых на основе технического зрения.

1. Системы регистрации железнодорожных составов.

Задача систем данного класса – обеспечить автоматическую регистрацию вагонов подвижного состава в процессе его движения через зону контроля. В подобных системах используется одна или две видеокамеры, неподвижно закрепленные в зоне контроля и направленные перпендикулярно зоне движения. Таким образом, идентификация происходит в момент пересечения объекта идентификации зоны видимости видеосканера. В качестве маркировки используется символьный или штриховой код [78].

Данный класс систем на отечественном рынке представлен фирмами «СМС-Автоматизация», «Штрих-М».

2. Системы идентификации автомобильных номеров в потоке.

Системы данного класса обеспечивают регистрацию автомобильных номеров в потоке. Видеосканер закреплен на участке обочины неподвижно, таким образом, чтобы автомобильный номер находился под углом не более 30 градусов. Для идентификации номера автомобиль должен пересечь зону видимости видеосканера. Маневрирование автомобиля либо частичное или полное перекрытие номера другим объектом значительно снижает достоверность идентификации [102].

Данный класс систем на отечественном рынке представлен фирмами «Автоинспектор», «Кодос-авто», «CVS-авто».

3. Системы автоматической идентификации изделий.

Системы данного класса в основном используются для идентификации товаров на конвейерном производстве, где перемещение товаров осуществляется по заранее известной траектории. Обычно используется одна или несколько видеокамер, неподвижно закрепленных по бокам или сверху от транспортировочной линии. Идентификация возможна при попадании изделия в зону видимости видеосканера. В качестве маркировки используется символьный или штриховой код [145,26,41].

Данный класс систем на отечественном рынке представлен фирмами «Штрих-М», Sick/IVP, Omron.

Для сравнения представленных систем необходимо выделить основные характеристики, которые качественно оценивают каждый класс систем и имеют большое значение в рамках предъявленных требований и условий производства.

- Высокая достоверность идентификации. Один из ключевых параметров оценки систем технического зрения, характеризует вероятность успешной идентификации. Для обеспечения представленных требований достоверность идентификации должна быть выше 95% [33,45].

- Возможность работы в темное время суток. В рамках установленных требований достоверность идентификации при искусственном освещении в 50 люкс в темное время суток не должна снизиться более чем на 3%.

- Высокая дальность идентификации. Характеризуется возможностью успешной идентификации без снижения достоверности на расстоянии до 35 м в рамках установленных требований.

- Большая зона идентификации. Возможность успешной идентификации объекта при его нахождении в зоне идентификации, установленной углом в 60 градусов по вертикали и 40 градусов по горизонтали от места крепления видеосканера.

– Возможность определения местоположения объекта. В рамках повышения достоверности идентификации в рассматриваемых условиях производства существует необходимость определения местоположения объекта [1].

Анализ характеристик рассмотренных классов в рамках установленных требований и условий производства систем приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Анализ характеристик систем на основе технического зрения

Системы на основе технического зрения	Высокая достоверность идентификации	Возможность работы в темное время суток	Высокая дальность идентификации	Большая зона идентификации	Возможность определения местоположения объекта
Системы идентификации железнодорожных составов	+	-	-	-	-
Системы идентификации автомобильных номеров в потоке.	+	+	-	+	+
Системы автоматической идентификации изделий	+	+	-	-	-

Выделим ключевые особенности и недостатки каждого класса систем.

1. Системы идентификации железнодорожных составов.

– Низкая дальность идентификации. Увеличение дистанции установки видеосканеров от линии движения состава негативно сказывается на достоверности идентификации. Высокая достоверность распознавания обеспечивается при низкой скорости движения состава и на расстоянии до 3 м. Возможность определения местоположения объекта отсутствует.

– Зона идентификации ограничена углами визирования неподвижно установленных одного или нескольких видеосканеров. Для достоверной идентификации скорость состава должна быть минимальной.

– Система работает в условиях естественного освещения в дневное время и при искусственном в ночное. Естественное освещение сопровождается значительными изменениями условий освещенности в течение суток, что приводит к появлению на изображениях значительного контраста по яркости и даже засветке отдельных участков при определенном положении солнца.

2. Системы идентификации автомобильных номеров в потоке.

– Видеосканер закреплен на участке обочины неподвижно, таким образом, чтобы автомобильный номер находился под углом не более 30 градусов. Для идентификации номера, автомобиль должен пересечь зону видимости видеосканера, которая может достигать до 5 м. Маневрирование автомобиля либо частичное или полное перекрытие номера другим объектом значительно снижает достоверность идентификации.

– Использование методов локализации позволяет точно определить местоположение номера.

– Благодаря используемым методам нормализации изображения, идентификация может проводиться как в дневное, так и в ночное время, при освещении не менее 50 люкс, частичном загрязнении и при плохих погодных условиях с вероятностью успешного распознавания 95%.

– Оптимальная дальность нахождения объекта идентификации от видеосканера для обеспечения наибольшей вероятности успешного распознавания составляет 12 м. При увеличении дальности эффективность системы снижается.

3. Системы автоматической идентификации изделий.

– Высокая достоверность (около 98%) достигается за счет установки видеосканеров в оптимальную позицию. Так как изделия движутся по заранее известной траектории, это положение не меняется. Изменение траектории или интенсивности движения значительно снижает эффективность использования таких систем.

– Низкая дальность распознавания (до 2-х м) также обусловлена особенностями конвейерной транспортировки. Увеличение дальности установки

видеосканеров уменьшает вероятность успешной идентификации изделий. Возможность определения местоположения объекта отсутствует.

– Зона идентификации ограничена углами визирования неподвижно установленных одного или нескольких видеосканеров.

Исходя из задач разработки системы автоматической идентификации и особенностей технического производства на рассматриваемом предприятии, из систем в приведенной классификации, ни один класс систем в достаточной степени не соответствуют предъявленным требованиям.

Характеристики систем на основе штрихового кодирования являются допустимыми в рамках рассматриваемого производства, но имеют ряд недостатков:

- невозможность точно определить месторасположение штрих-кода;
- небольшая область идентификации объекта;
- небольшое расстояние идентификации.

Решение данных проблем позволит использовать САИ на основе СТЗ наиболее эффективно.

Таким образом, для решения задачи организации автоматической идентификации маркировки для склада слябов и заготовок на ОАО ВМЗ наиболее оптимальным является применение САИ штрих-кодирования основанных на системах технического зрения (СТЗ).

1.4 Описание комплекса технических средств системы технического зрения

Для решения описанных проблем используется такой класс систем как системы технического зрения (СТЗ). Система Технического Зрения (СТЗ) предназначена для автоматического распознавания, определения координат, контроля внешнего вида объектов произвольной формы и может быть использована в технике, медицине и научных исследованиях [7,97].

Типовое решение системы машинного зрения включает в себя несколько следующих компонентов:

1. Одна или несколько цифровых или аналоговых камер (черно-белые или цветные) с подходящей оптикой для получения изображений.
2. Программное обеспечение для изготовления изображений для обработки. Для аналоговых камер это оцифровщик изображений.
3. Устройство обработки информации.
4. Программное обеспечение машинного зрения, которое предоставляет инструменты для разработки отдельных приложений программного обеспечения.
5. Оборудование ввода/вывода или каналы связи для доклада о полученных результатах [101].

В рамках описанных условий производства и предъявленных требований, совместно с инженерами отдела АСУТП предприятия была разработана и реализована следующая структура аппаратного обеспечения системы:

1. Шкаф видеосервера 1ASV, в нем размещается видеосервер PC1 и осуществляется распределение питания системы. Видеосервер обрабатывает информацию, поступающую от видеокамер, и производит распознавание идентификационного номера сляба. Информация от видеосервера передается в АСУТП склада по сети Ethernet.
2. Шкафы кроссовые 1AST1 и 1AST2, в них размещаются приемники сигналов телеметрии для сканера №1 и №2.
3. Сканеры №1 и №2 устанавливаются на стороне кабины крана и на стороне площадки обслуживания токосъемников крана, представляют собой установленные на кронштейне поворотные устройства PPT1 и PPT2 с площадочными камерами AC1 и AC2 в термокожухах.
4. Прожекторы подсветки №1 и №2 устанавливаются со стороны кабины и со стороны площадки обслуживания токосъемников крана и служат для подсветки зон обзора сканеров №1 и №2.

Структурная схема комплекса технических средств системы приведена на рисунке 1.3. Для каждого из кранов перечень используемых технических средств

САИМ одинаков, поэтому ниже приводится состав оборудования САИМ для одного крана.

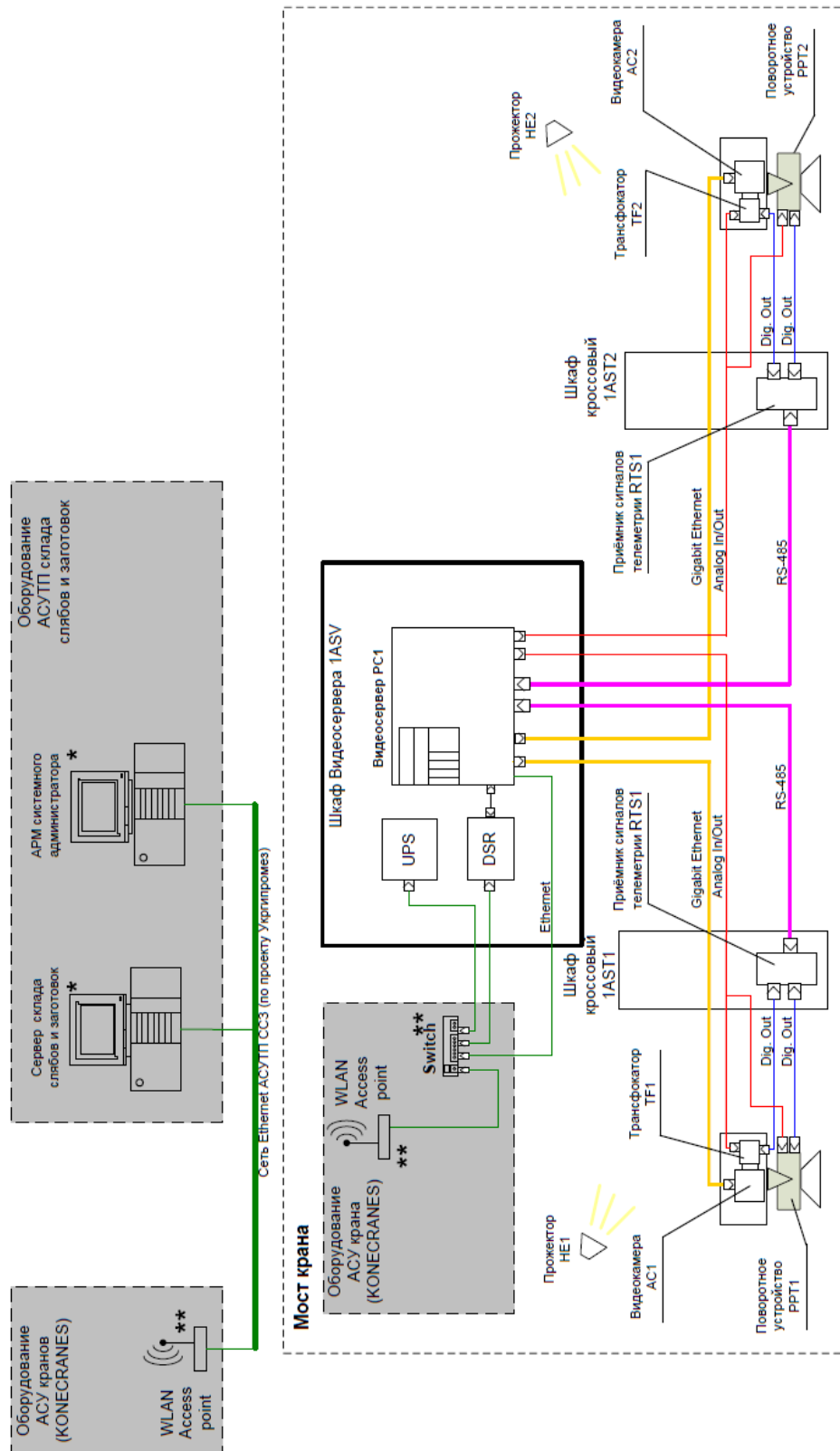


Рисунок 1.3 – Структурная схема комплекса технических средств

Таким образом, разработанный комплекс технических средств является базой для создания программного комплекса системы автоматической идентификации маркировки слябов.

1.5 Выводы по 1-й главе

1. Выполнен анализ особенностей процесса транспортировки слябов и системы управления технологическими процессами предприятия, выявивший необходимость создания системы автоматической идентификации маркировки слябов.

2. Проведен анализ методов маркировки. В результате анализа был выбран метод для идентификации металлопрокатных изделий, основанный на применении символьно-штрихового кода нанесенного каплеструйным способом.

3. Проанализированы методики и системы автоматической идентификации символьно-штрихового кода, основанные на использовании технического зрения для идентификации маркированных объектов. Анализ показал необходимость создания специальной системы для решения поставленной задачи.

4. Выполнено описание комплекса технических средств для реализации системы автоматической идентификации маркировки слябов.

1.6 Постановка задач исследования

Исходя из приведенного анализа, основными задачами исследования в диссертационной работе являются:

1. Разработка математической модели системы «маркированное изделие – измерительная среда»;

2. Разработка алгоритмов управления системой автоматической идентификации маркировки слябов;

3. Реализация системы автоматической идентификации маркировки слябов;

4. Экспериментальное исследование разработанной системы автоматической идентификации маркировки слябов.

Глава 2 Разработка математической модели и алгоритмов управления видеодатчиками

В главе 2 выполняется разработка математической модели системы «маркированное изделие – измерительная среда», алгоритмов автоматического наведения видеокамер и алгоритма управления системой автоматической идентификации. Материалы данной главы опубликованы в работах [30-44].

2.1 Разработка математической модели

Для того чтобы определить идентификационные данные о промышленной продукции на складе металлопрокатного комплекса, необходимо разработать математическую модель системы «маркированное изделие – измерительная среда», которая позволит определить множество признаков с видео- и позиционных датчиков.

Система «маркированное изделие – измерительная среда» представляет собой множество измерительных датчиков и объект исследования – маркированное изделие – характеризующиеся набором параметров и взаимосвязей.

В метаматематической модели «маркированное изделие – измерительная среда» будем использовать следующую систему координат (Рисунок 2.1):

- центр системы координат $(0,0,0)$, находится в точке крепления видеодатчика;
- ось OX – вдоль оси моста крана. Начало координат – видеодатчик;
- ось OY – вдоль оси троллеи крана. Начало координат – видеодатчик;

– ось OZ – вдоль оси подъема груза (вертикаль). Начало координат – уровень крепления видеодатчика, соответствующий точке пересечения осей OX и OY .

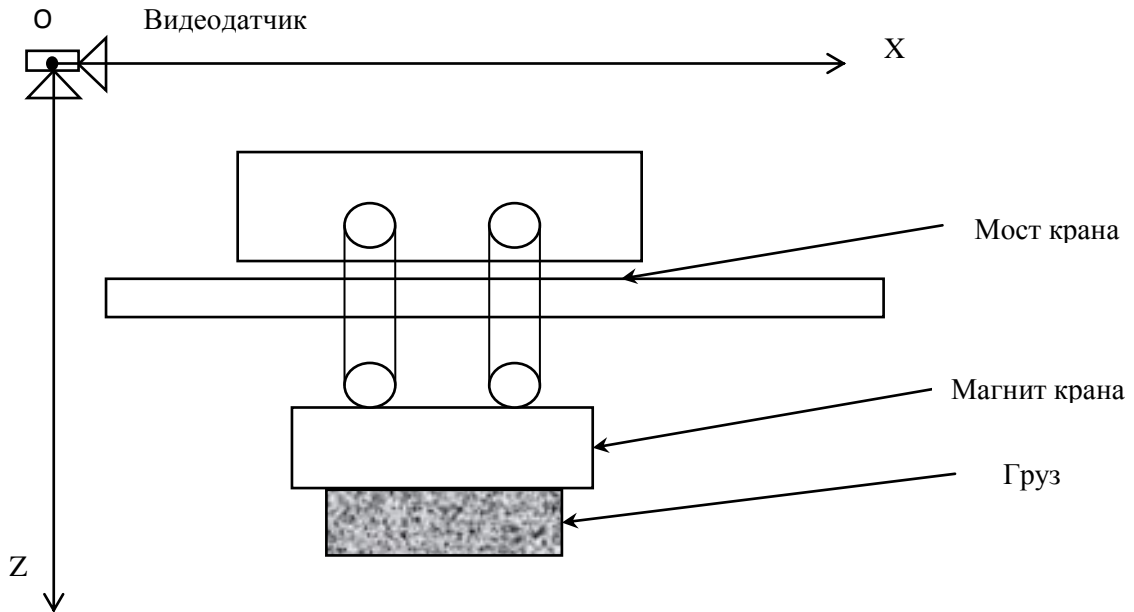


Рисунок 2.1 – Схема расположения маркированного изделия в системе координат математической модели в плоскости $OX-OY$

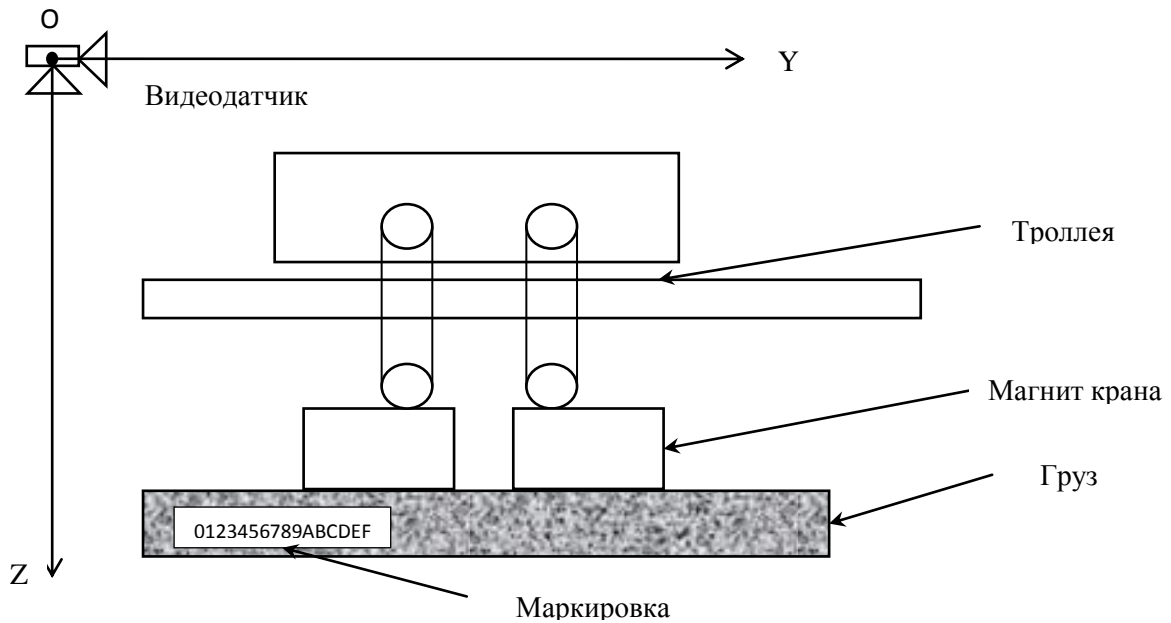


Рисунок 2.2 – Схема расположения маркированного изделия в системе координат математической модели в плоскости $OY-OZ$

Описаны следующие элементы САИМ.

1. Маркированное изделие (груз).
2. Видеосканер.
3. Контроллер крана.
4. Кран.

Маркированное изделие – это груз, закрепленный на магните крана, имеющий нанесенную на него маркировку. Характеризуется следующими параметрами (Рисунок 2.3):

H_s – высота сляба;

L_s – длина сляба;

d_y – расстояние по длине, от края сляба до середины маркировки;

W_m – длина маркировки;

H_m – ширина маркировки;

x – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси Ox ;

y – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси Oy ;

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси Oz ;

r – расстояние от видеодатчика до маркировки по диагонали.

(x_m, y_m) – координаты маркировки в системе координат «маркированное изделие – измерительная среда»

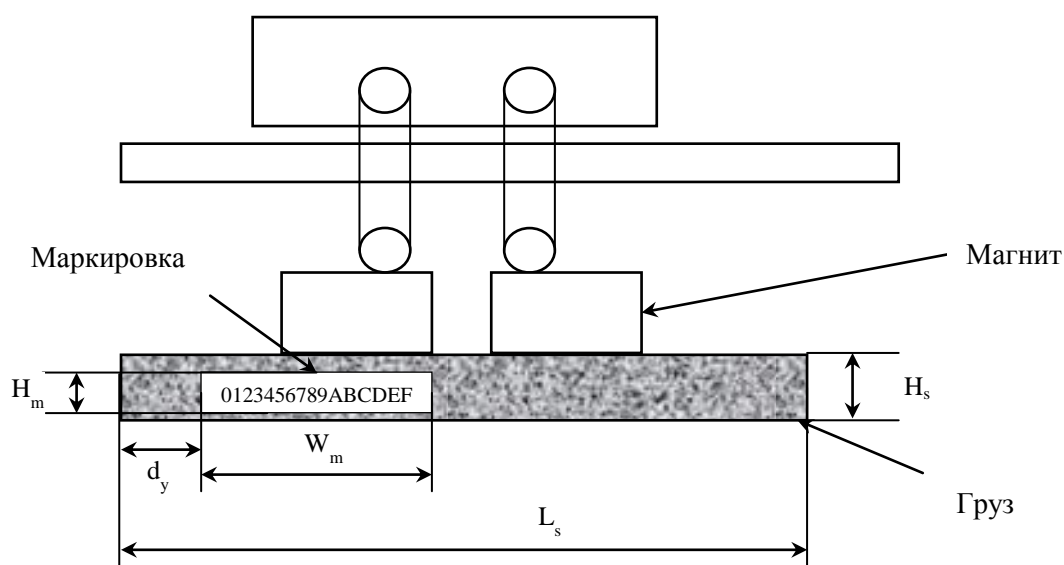


Рисунок 2.3 – Схема маркированного изделия

Видеосканер и контроллер крана формируют измерительную среду – набор датчиков, различного типа, предоставляющий следующие параметры:

I – изображение, полученное с видеодатчика;

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

α_p – положение видеодатчика по горизонтали;

β_p – положение видеодатчика по вертикали;

s_p – масштаб изображения видеодатчика;

f_p – фокусное расстояние видеодатчика.

Между представленными параметрами существует зависимость, которая описывается следующими уравнениями.

Координаты маркировки (x_m, y_m) рассчитываются по формуле (Рисунок 2.4):

$$(x_m, y_m) = F_1(I), \quad (2.1)$$

где F_1 - Функция локализации маркировки на изображении;

I – изображение, полученное с видеодатчика.

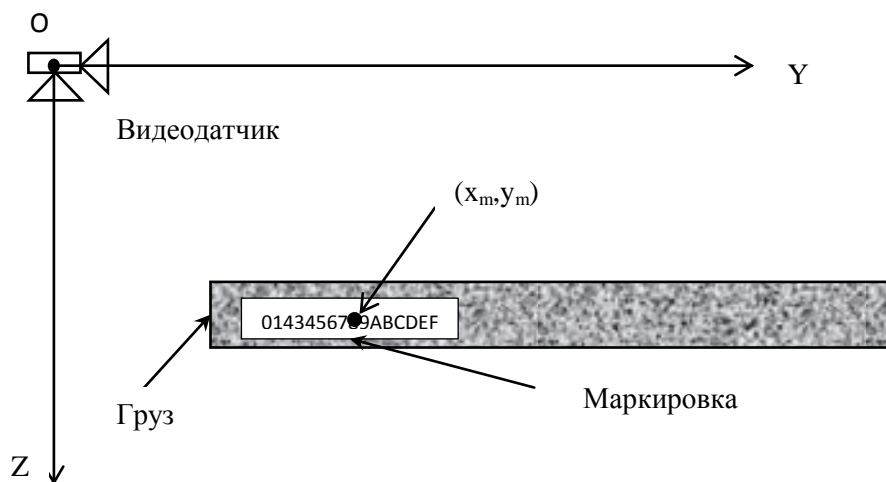


Рисунок 2.4 – Схема расположения координат маркировки

Датчик положения груза предоставляет координаты груза (x_d, z_d) , описываемые следующими зависимостями:

$$x_d = |x + d_x|, \quad (2.2)$$

где x_d – показания датчика о положении груза на троллее;

x – расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана и оси ОХ;

d_x – коэффициент разницы показаний датчика и реальных измерений.

$$z_d = z + d_z - H_s, \quad (2.3)$$

где z_d – показания датчика о положении груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема;

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза ОZ;

d_z – коэффициент разницы показаний датчика и реальных измерений;

H_s – высота крепления видеодатчика над уровнем пола.

Расстояние от видеодатчика до маркировки (y) по оси ОУ вычисляется по формуле:

$$y = \frac{L_s}{2} - d_y, \quad (2.4)$$

где L_s – длина сляба;

d_y – Расстояние по длине от края сляба до середины метки по оси ОУ

Расстояние от видеодатчика до маркировки по диагонали (r) вычисляется по формуле (Рисунок 2.5):

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad (2.5)$$

где x – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОХ;

y – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОУ;

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОZ.

Датчик положения видеосканера выдает значения наклона видеосканера по горизонтали и вертикали (α_p, β_p) в вольтах, находящиеся в линейной зависимости от реальных значений (α, β):

$$\alpha_p = a_\alpha * \alpha + b_\alpha, \quad (2.6)$$

$$\beta_p = a_\beta * \beta + b_\beta, \quad (2.7)$$

Датчик текущего состояния видеосканера предоставляет значения текущего масштаба изображения (s_p) и фокусного расстояния (f_p) в вольтах, находящиеся в линейной зависимости от реальных значений (s, f):

$$s_p = a_s * s + b_s, \quad (2.8)$$

$$f_p = a_f * f + b_f, \quad (2.9)$$

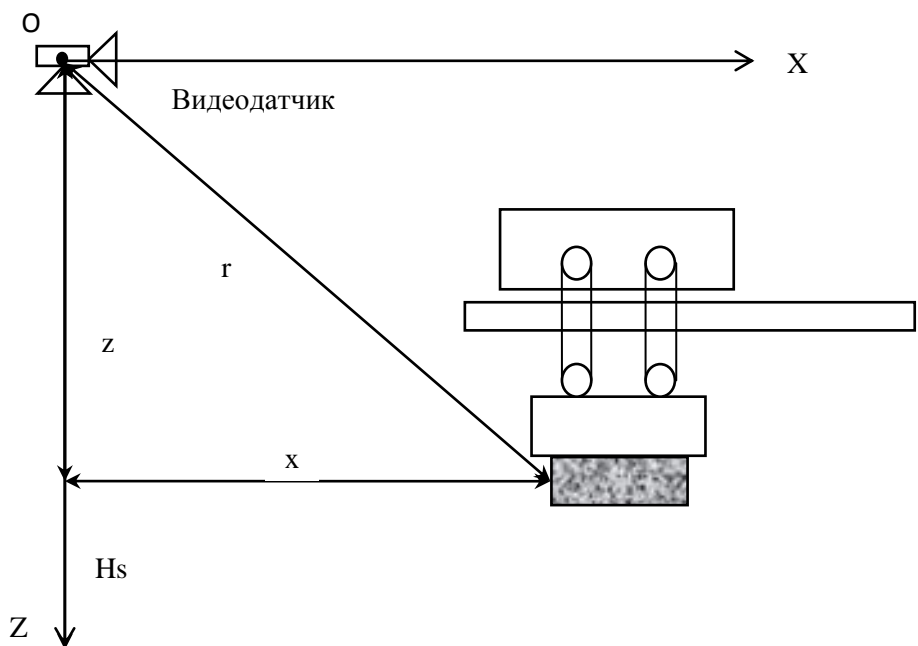


Рисунок 2.5 – Схема расчета расстояния от видеодатчика до маркировки по диагонали

Угол между положением видеодатчика и маркировкой по горизонтали (а) можно рассчитать следующим образом (Рисунок 2.6):

$$a = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \frac{y}{x}, \quad (2.10)$$

где x – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОХ;

y – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОУ.

Угол между положением видеодатчика и маркировкой по вертикали (b), вычисляется следующим образом (Рисунок 2.7):

$$b = \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}}, \quad (2.11)$$

где x – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОХ;

y – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОУ;

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси ОZ.

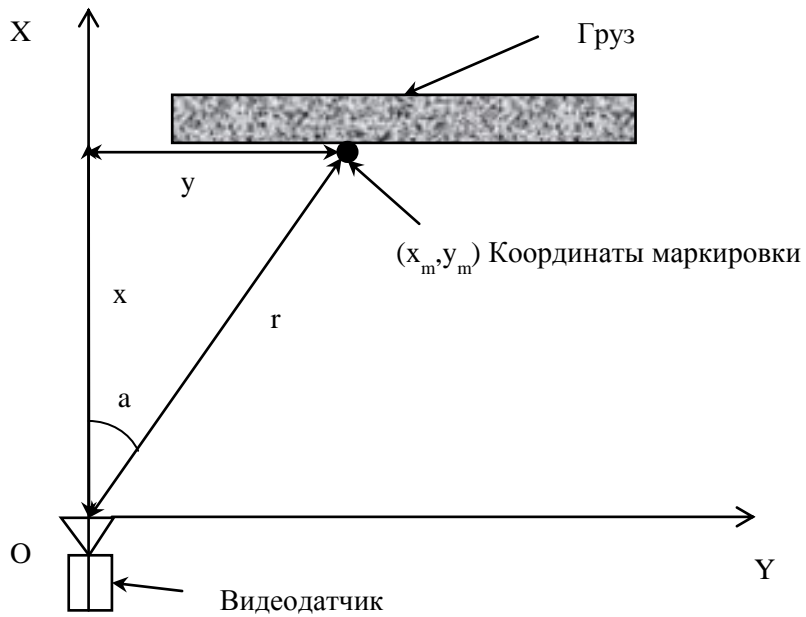


Рисунок 2.6 – Схема расчета угла между положением видеодатчика и маркировкой по горизонтали

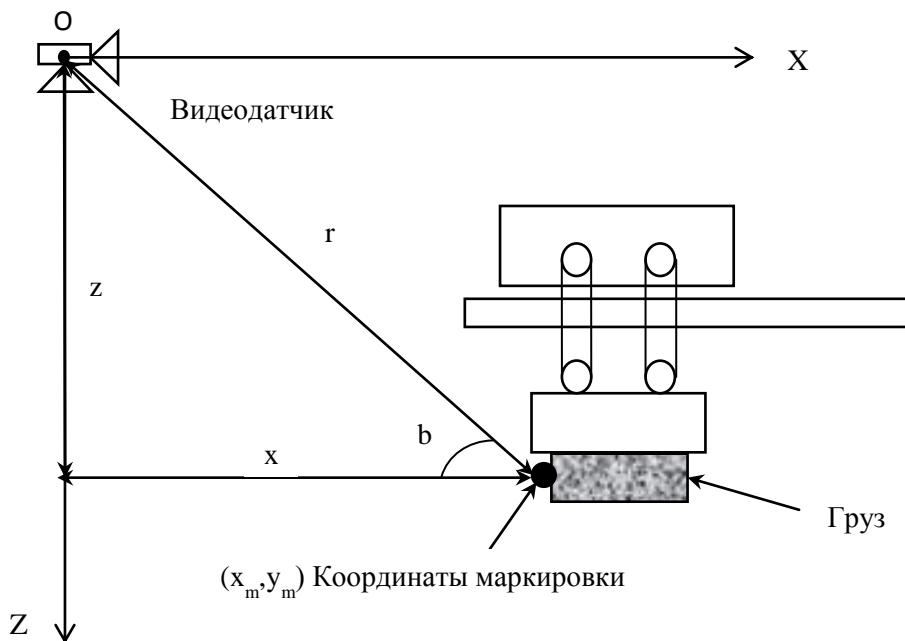


Рисунок 2.7 – Схема расчета угла между положением видеодатчика и маркировкой по вертикали

Рассчитать масштаб изображения (s) в зависимости от параметров маркировки можно по следующей формуле (Рисунок 2.8):

$$s = \frac{2 \cdot r}{W_m} \cdot l \cdot \tan\left(\frac{\alpha_v}{2} * \frac{\pi}{180}\right), \quad (2.12)$$

где r – расстояние по диагонали от видеодатчика до маркировки;

l – коэффициент приближения;

W_m – длина метки;

α_v – угол поля зрения видеодатчика.

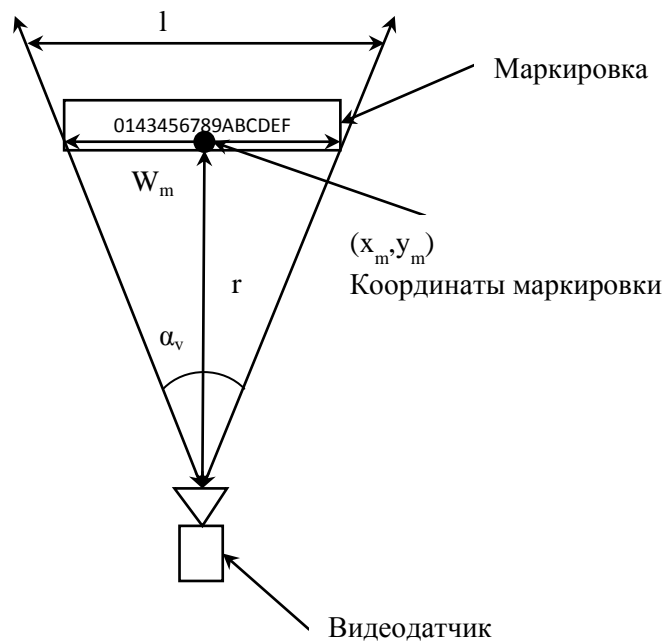


Рисунок 2.8 – Схема зависимости масштаба изображения видеодатчика от параметров маркировки

Зависимость фокусного расстояния видеодатчика (f) от текущего масштаба изображения (s) описывается формулой:

$$f = \frac{r}{s}, \quad (2.13)$$

где r – расстояние по диагонали от видеодатчика до маркировки.

Таким образом, совокупность описанных взаимосвязей определяет математическую модель системы «маркированное изделие – измерительная среда» и представляется системой уравнений:

$$(x_m, y_m) = F_l(I) \quad (2.1)$$

$$x_d = |x + d_x| \quad (2.2)$$

$$z_d = z + d_z - H_s \quad (2.3)$$

$$y = \frac{L_s}{2} - d_y \quad (2.4)$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (2.5)$$

$$\alpha_p = a_\alpha * \alpha + b_\alpha \quad (2.6)$$

$$\beta_p = a_\beta * \beta + b_\beta \quad (2.7)$$

$$s_p = a_s * s + b_s \quad (2.8)$$

$$f_p = a_f * f + b_f \quad (2.9)$$

$$a = \frac{180}{\pi} \cdot \operatorname{atan} \frac{y}{x} \quad (2.10)$$

$$b = \frac{180}{\pi} \cdot \operatorname{atan} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad (2.11)$$

$$s = \frac{2 \cdot r}{W_m} \cdot l \cdot \tan \left(\frac{\alpha_v}{2} * \frac{\pi}{180} \right) \quad (2.12)$$

$$f = \frac{r}{s} \quad (2.13)$$

В результате разработана математическая модель системы «маркированное изделие – измерительная среда», отличающаяся использованием множества признаков с видео- и позиционных датчиков и позволяющая определить идентификационные данные о промышленной продукции на складе металлопрокатного комплекса.

2.2 Разработка алгоритмов автоматического управления видеодатчиками

Для построения системы автоматической идентификации маркировки разработаны алгоритмы автоматического наведения видеокамер на основе

математической модели системы «маркированное изделие – измерительная среда»:

1. Алгоритм определения местоположения груза и наведение видеодатчика на центр маркировки;
2. Алгоритм формирования детализированного снимка груза;
3. Алгоритм локализации области маркировки;
4. Алгоритм распознавания маркировки;

Подробнее алгоритмы описаны в следующих разделах.

Алгоритм определения местоположения груза и наведения видеодатчика на центр груза

На данном этапе система обрабатывает и интерпретирует данные, поступающие с измерительных устройств, для определения текущего местоположения груза и корректировки положения видеодатчика.

Процесс наведения видеодатчика на маркер можно описать следующим образом.

1. Измерительные устройства предоставляют следующие параметры:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

α_p – положение видеодатчика по горизонтали;

β_p – положение видеодатчика по вертикали.

2. Полученные сигналы преобразуются в следующие значения:

– координаты груза (x , y , z), в описанной системе координат математической модели;

– координаты положения видеодатчика (α , β).

x – расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана, выражается из формулы (2.2):

$$x = |x_d + d_x|$$

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза, выражается из формулы (2.3):

$$z = z_d - d_z + H_s$$

u – расстояние от камеры до маркировки по оси ОУ, вычисляется по формуле (2.4).

Угол наклона видеодатчика по горизонтали (α), выражается из формулы (2.6):

$$\alpha = a_\alpha * \alpha_p + b_\alpha$$

Угол наклона видеодатчика по вертикали (β), выражается из формулы (2.7):

$$\beta = a_\beta * \beta_p + b_\beta$$

3. На основе анализа текущего положения груза и видеодатчика формируется управляющая команда на видеодатчик u (a , b):

– a – угол между положением видеодатчика и маркировкой по горизонтали, вычисляется по формуле (2.10);

– b – угол между положением видеодатчика и маркировкой по вертикали, вычисляется по формуле (2.11).

4. Видеодатчик принимает управляющие сигналы u (a , b), которые преобразует в механическое воздействие U (a , b).

5. Положение видеодатчика изменяется в пределах механического воздействия, после чего в систему поступает обновленная информация о состоянии датчика положения груза и видеодатчика.

Процесс повторяется до тех пор, пока система не подаст сигнал о том, что объект управления находится в расчетном положении в рамках установленной погрешности (E_a , E_b), так как полное достижение расчетного состояния не достигается в силу влияния в реальной среде возмущающих воздействий и ограниченной точности измерительных датчиков.

Процесс наведения видеодатчика на маркер реализован с помощью следующего алгоритма (Рисунок 2.9).

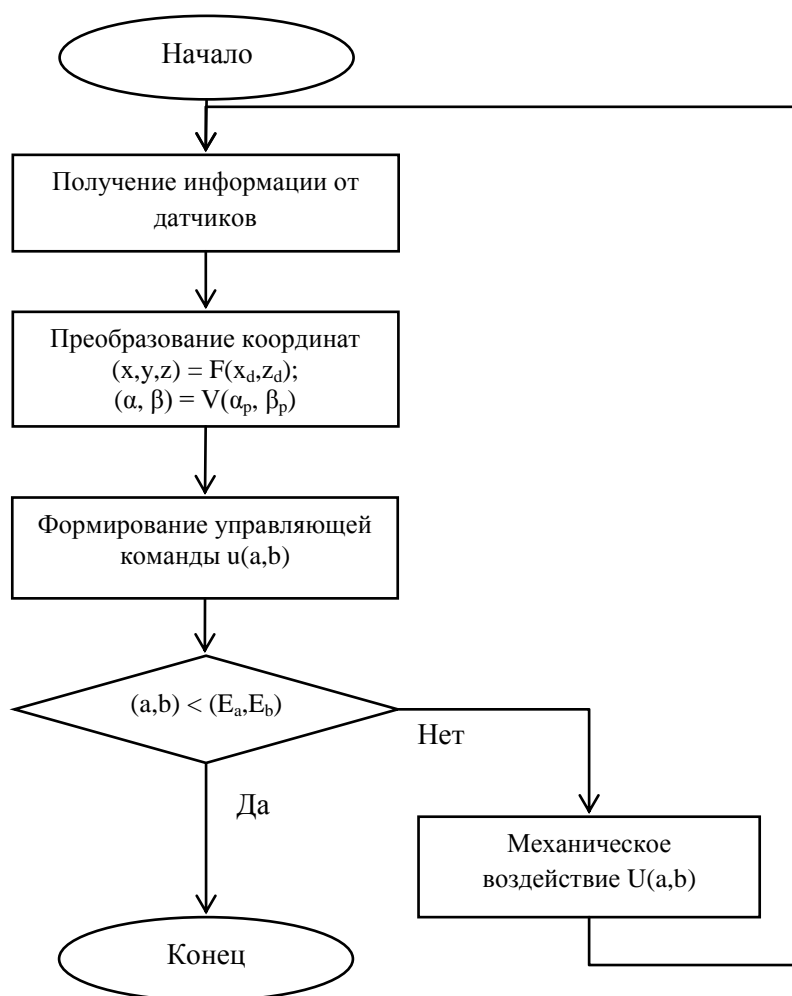


Рисунок 2.9 – Блок-схема алгоритма наведения видеодатчика на маркер

В результате выполнения данного этапа положение видеодатчика меняется таким образом, что в области его видимости оказывается маркированное изделие.

Алгоритм формирования детализированного снимка области груза

Чтобы получить детализированный снимок маркировки, необходимо изменить масштаб изображения и фокусное расстояние видеодатчика таким образом, что в области захвата видеодатчика окажется изображение груза с нанесенной на него маркировкой.

Область захвата видеодатчика определяется коэффициентом l из формулы (2.12), значение которого варьируется в зависимости от цели формирования изображения.

Процесс изменения масштаба изображения можно описать следующим образом.

1. Измерительные устройства формируют следующие сигналы:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

s_p – текущий масштаб изображения видеодатчика;

f_p – текущее фокусное расстояние видеодатчика.

2. На основе полученных данных вычисляются следующие параметры:

– координаты груза (x, y, z) , в описанной системе координат математической модели;

– текущий масштаб изображения видеодатчика (s).

Расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана (x), выражается из формулы (2.2):

$$x = |x_d + d_x|$$

Расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза (z), выражается из формулы (2.3):

$$z = z_d - d_z + H_s$$

Расстояние от камеры до маркировки по оси ОУ (y), вычисляется по формуле (2.4).

Текущий масштаб изображения видеодатчика (s), выражается из формулы (2.8):

$$s = a_s * s_p + b_s$$

3. На основе анализа данных с измерительных устройств необходимо рассчитать новое значение масштаба изображения.

Для этого необходимо рассчитать расстояние от видеодатчика до маркера по диагонали (r) по формуле (2.5).

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Исходя из рассчитанного расстояния и реальных размеров маркировки, необходимо вычислить, во сколько раз следует увеличить масштаб изображения

(s), на котором в область захвата камеры попадает весь груз с закрепленной на нем биркой с маркировкой по формуле (2.12).

$$s = \frac{2 \cdot r}{W_m} \cdot l \cdot \tan\left(\frac{\alpha_v}{2} * \frac{\pi}{180}\right)$$

После чего формируется управляющая команда $u(s)$, которая передается на видеодатчик.

4. Видеодатчик принимает управляющие сигналы $u(s)$, которые преобразует в механическое воздействие $U(s)$.

5. Масштаб изображения видеодатчика изменяется в пределах механического воздействия, после чего измерительное устройство получает новую информацию о состоянии датчиков.

Процесс повторяется до тех пор, пока система не подаст сигнал о том, что объект управления находится в расчетном положении в рамках установленной погрешности E_s , так как полное достижение расчетного состояния не достигается в силу влияния на систему в реальной среде возмущающих воздействий и ограниченной точности измерительных датчиков.

В процессе изменения масштаба изображения необходимо пропорционально изменить фокусное расстояние видеодатчика. Данный процесс состоит из следующих этапов:

1) Измерительные устройства формируют следующие сигналы:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

s_p – текущий масштаб изображения видеодатчика;

f_p – текущее фокусное видеодатчика.

2) Полученные сигналы преобразуются в следующие значения:

– координаты груза (x, y, z) , в описанной системе координат математической модели;

– текущий масштаб изображения видеодатчика (s);

– текущее фокусное расстояние видеодатчика (f).

Расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана (x), выражается из формулы (2.2):

$$x = |x_d + d_x|$$

Расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза (z), выражается из формулы (2.3):

$$z = z_d - d_z + H_s$$

Расстояние от камеры до маркировки по оси ОУ (y), вычисляется по формуле (2.4).

$$y = \frac{L_s}{2} - d_y$$

Текущий масштаб изображения видеодатчика (s), выражается из формулы (2.8):

$$s = a_s * s_p + b_s$$

Текущее фокусное расстояние видеодатчика (f), выражается из формулы (2.9):

$$f = a_f * f_p + b_f$$

3) На основе анализа данных с измерительных устройств необходимо рассчитать новое значение фокусного расстояния видеодатчика.

Для этого следует рассчитать расстояние от видеодатчика до маркера по диагонали (r) по формуле (2.5).

$$r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Исходя из рассчитанного расстояния (r) и текущего масштаба изображения (s) необходимо рассчитать фокусное расстояние до объекта (f) по формуле (2.13).

$$f = \frac{r}{s}$$

После чего формируется управляющая команда $u(f)$, которая передается на видеодатчик.

4) Видеодатчик принимает управляющие сигналы $u(f)$, которые преобразует в механическое воздействие $U(f)$ на объект управления.

5) Фокусное расстояние изменяется в пределах механического воздействия, после чего измерительные устройства получают обновленную информацию от датчиков.

Процесс повторяется до тех пор, пока фокусное расстояние не достигнет расчетного положения в рамках установленной погрешности E_f , так как полное достижение расчетного состояния не достигается в силу влияния на устройство управления в реальной среде возмущающих воздействий и ограниченной точности измерительных датчиков.

Процесс формирования снимка области груза реализован с помощью следующего алгоритма (Рисунок 2.10).

В результате выполнения данного этапа масштаб изображения и фокусное расстояние видеодатчика изменяется, что позволяет получить детализированное изображение маркированного изделия, необходимое для достоверного обнаружения маркировки.

Описанные этапы реализуют процесс грубого наведения видеодатчиков на центр маркированного изделия.

Алгоритм локализации области маркировки

На данном этапе производится анализ текущего изображения с видеосканера с целью определения наличия в данном кадре маркировки. Положение видеодатчика корректируется по результатам анализа, что позволяет достоверно определить местоположение маркировки.

Процесс локализации области маркера можно описать следующей последовательностью этапов.

1. Измерительные устройства формируют следующие сигналы:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

α_p – положение видеодатчика по горизонтали;

β_p – положение видеодатчика по вертикали;

I – изображение с видеодатчика.

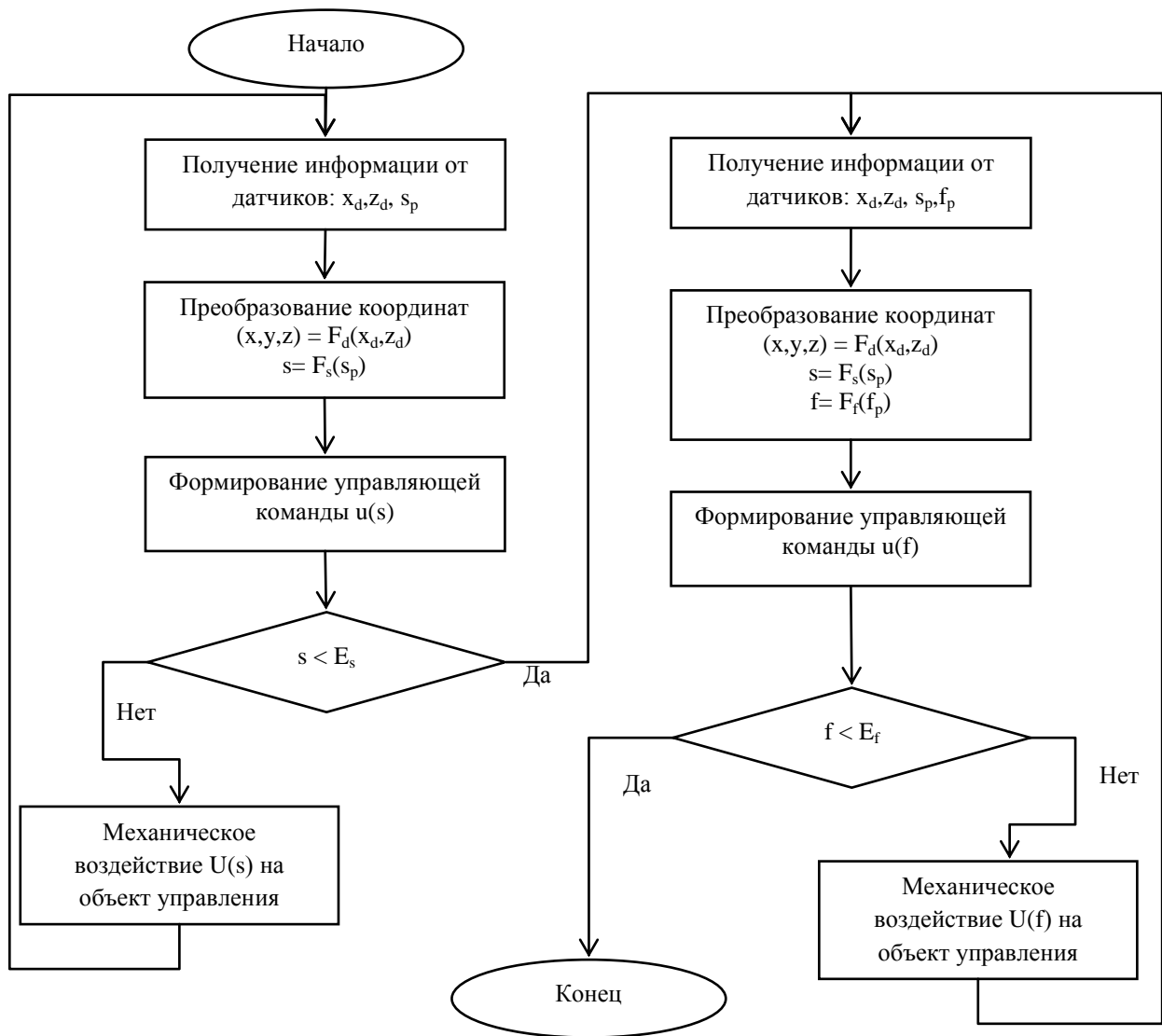


Рисунок 2.10 – Блок-схема алгоритма изменения масштаба изображения и фокусного расстояния

2. Полученные сигналы преобразуются в следующие параметры:

– координаты груза (x, y, z) , в описанной системе координат математической модели;

– координаты положения видеодатчика (α, β) .

x – расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана, выражается из формулы (2.2):

$$x = |x_d + d_x|$$

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза, выражается из формулы (2.3):

$$z = z_d - d_z + H_s$$

y – расстояние от камеры до маркировки по оси ОУ, вычисляется по формуле (2.4).

Угол наклона видеодатчика по горизонтали (α), выражается из формулы (2.6):

$$\alpha = a_\alpha * \alpha_p + b_\alpha$$

Угол наклона видеодатчика по вертикали (β), выражается из формулы (2.7):

$$\beta = a_\beta * \beta_p + b_\beta$$

3. На основе анализа текущего положения груза и изображения полученного с видеодатчика, формируется управляющая команда $u(x_m, y_m)$.

(x_m, y_m) – Координаты метки на изображении (I), вычисляются на основе формулы (2.1).

$$(x_m, y_m) = F_I(I)$$

4) Видеодатчик принимает управляющие сигналы $u(x_m, y_m)$, которые преобразует в механическое воздействие $U(x_m, y_m)$.

5) Положение видеодатчика изменяется в пределах механического воздействия $U(x_m, y_m)$, после чего измерительные устройства получают обновленную информацию от датчиков.

Процесс повторяется до тех пор, пока устройство управления не подаст сигнал о том, что положение объекта управления находится в расчетном положении в рамках установленной погрешности (E_x, E_y), так как полное достижение расчетного состояния не достигается в силу влияния на устройства в реальной среде возмущающих воздействий и ограниченной точности измерительных датчиков.

Процесс локализации области маркировки реализован с помощью следующего алгоритма (Рисунок 2.11).

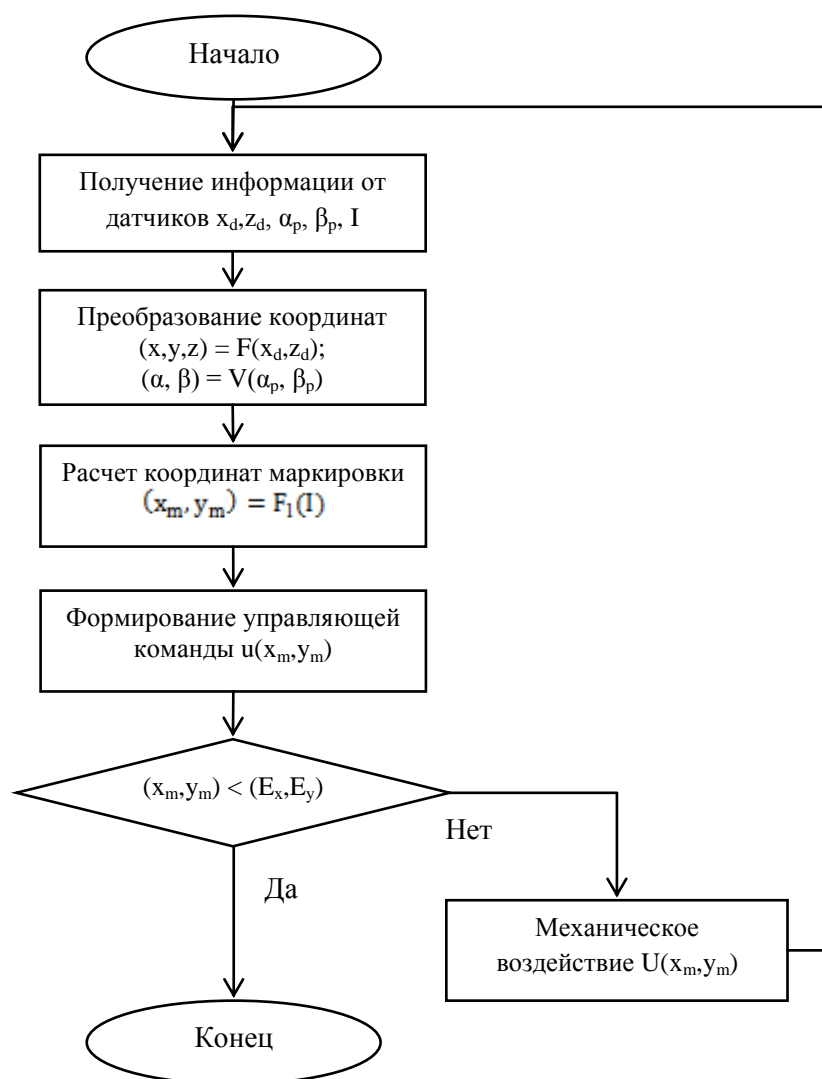


Рисунок 2.11 – Блок-схема алгоритма локализации области маркировки

В результате выполнения данного этапа положение видеодатчика корректируется таким образом, что маркер изделия оказывается в центре изображения, что позволяет увеличить шанс успешного распознавания маркировки.

Алгоритм распознавания маркировки

Для того чтобы идентифицировать область маркера, необходимо получить максимально увеличенное и детализированное его изображение путем изменения масштаба изображения и фокусного расстояния видеодатчика (Параграф 2.2) и коэффициента приближения 1 формулы (2.12).

Процесс распознавания маркировки можно описать следующей последовательностью этапов.

1. Заключительное увеличение масштаба изображения и пропорциональное изменение фокусного расстояния видеодатчика (Этап 2).

2. Получение данных с измерительных устройств:

– I , изображение, содержащее область маркировки;

– x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

– z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм.

3. Полученные сигналы преобразуются в следующие параметры:

– координаты груза (x, y, z) , в описанной системе координат математической модели;

x – расстояние от видеодатчика до маркировки по троллею крана, выражается из формулы (2.2):

$$x = |x_d + d_x|$$

z – расстояние от видеодатчика до маркировки по оси подъема груза, выражается из формулы (2.3):

$$z = z_d - d_z + H_s$$

y – расстояние от камеры до маркировки по оси OY , вычисляется по формуле (2.4).

4. Анализ полученного изображения. Оценка положения области маркировки, относительно видеодатчика вычисляется по формуле:

$$\alpha_n = N_\alpha(I, x, y, z),$$

где α_n – угол нормализации изображения маркировки относительно положения видеодатчика;

(x, y, z) – координаты положения груза;

I – изображение, содержащее область маркировки.

5. В случае превышения (α_n) критического значения (k_α) необходимо преобразовать изображение (I), относительно угла нормализации по формуле:

$$I = N_i(I, \alpha_n), \quad (2.14)$$

где I – изображение с видеодатчика;

α_n – угол нормализации изображения маркировки относительно положения видеодатчика;

N_i – функция нормализации изображения.

6. Распознавание изображения маркировки. Процесс распознавания можно представить следующим образом:

$$(M, p) = R(I), \quad (2.15)$$

где M – результат распознавания маркировки;

p – вероятность успешного распознавания;

I – изображение, содержащее область маркировки.

Процесс распознавания области маркировки реализован с помощью следующего алгоритма (Рисунок 2.12).

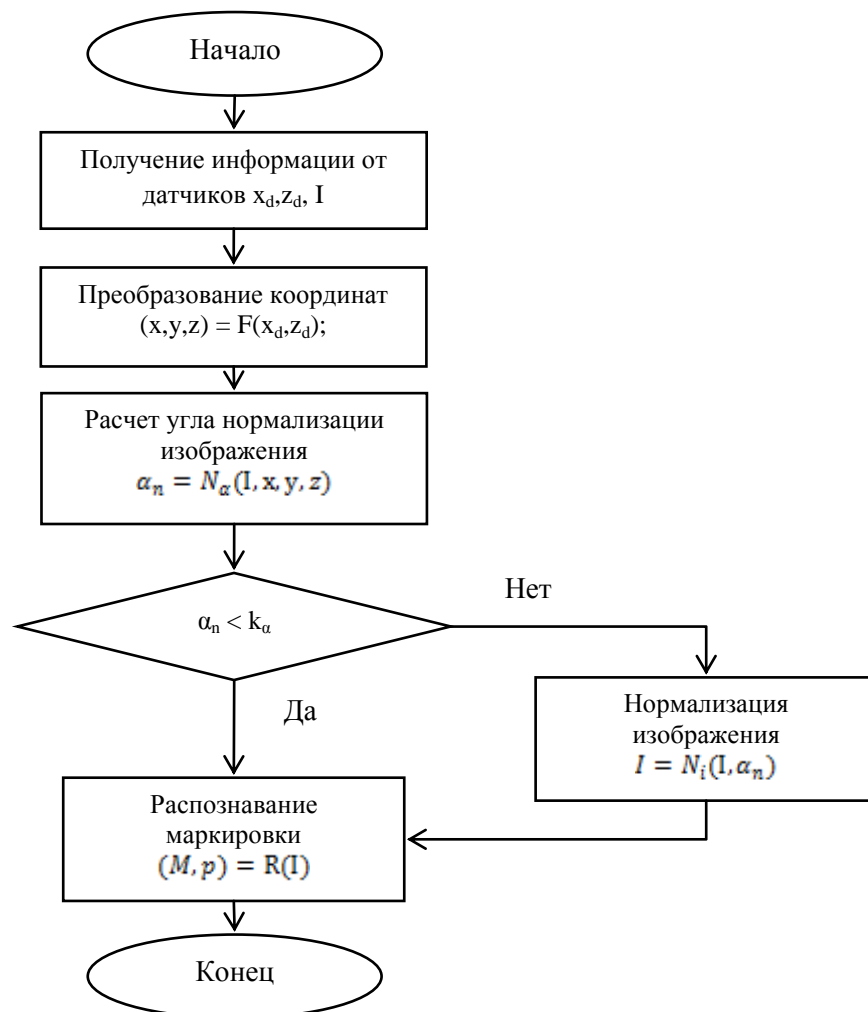


Рисунок 2.12 – Блок-схема алгоритма распознавания области маркировки

В результате выполнения данного этапа происходит идентификация области маркировки на изображении с видеодатчика.

Этапы 3,4 реализуют процесс точного наведения видеодатчика на центр маркировки.

Алгоритм управления системой автоматической идентификации маркировки

На основе алгоритмов грубого и точного наведения видеодатчиков был разработан алгоритм управления системой автоматической идентификации маркировки, основанный на двухуровневом (грубом и точном) масштабировании и наведении видеодатчиков (Рисунок 2.13).

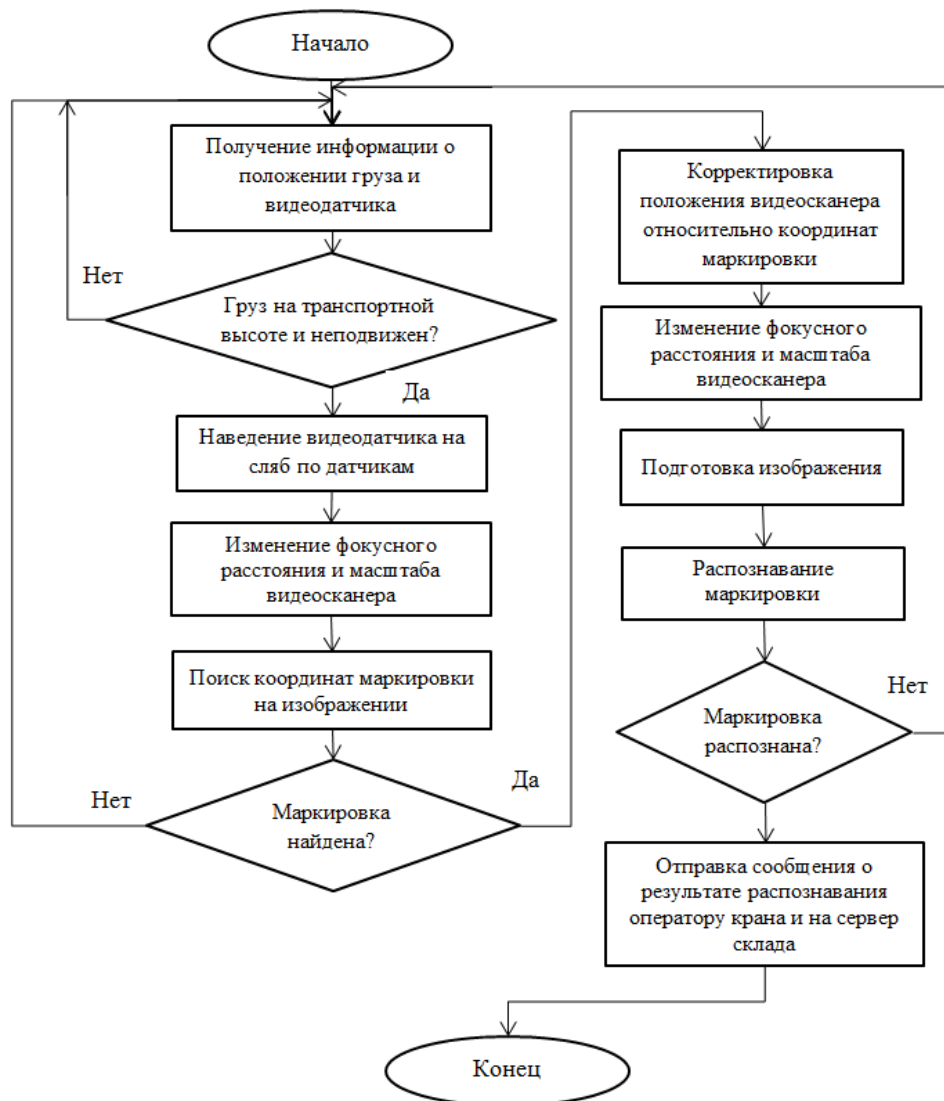


Рисунок 2.13 – Алгоритм управления системой автоматической идентификации маркировки

2.3 Выводы по 2-й главе

1. Разработана математическая модель системы «маркированное изделие – измерительная среда», отличающаяся использованием множества признаков с видео- и позиционных датчиков и позволяющая определить идентификационные данные о промышленной продукции на складе металлопрокатного комплекса.

2. Предложены алгоритмы автоматического наведения видеокамер, основанные на обработке данных с датчиков мостового крана, позволяющие достоверно локализовать изображение сляба и маркера на нем:

- алгоритм наведения видеосканера на центр маркированного изделия;
- алгоритм пропорционального изменения масштаба изображения и фокусного расстояния видеосканера;
- алгоритм локализации области маркировки на изображении с видеосканера;
- алгоритм распознавания области маркировки.

3. Разработан алгоритм управления системой автоматической идентификации, основанный на двухуровневом масштабировании и наведении видеодатчиков и обеспечивающий оперативный контроль движения слябов.

Глава 3 Разработка системы автоматической идентификации маркировки слябов

3.1 Проектирование системы автоматической идентификации маркировки

Для реализации описанных алгоритмов управления видеодатчиками разработана структура система автоматической идентификации маркировки, состоящая из следующих элементов.

1. Видеосканер.
2. Контроллер крана.
3. Модуль управления.
4. Сервер склада.

Видеосканер – это управляемый видеодатчик, элемент измерительной среды математической модели, состоящий из следующих элементов:

- камера, устройство захвата и передачи изображения;
- трансфокатор, представляет собой оптическую систему, которая дает возможность управления масштабом изображения и фокусным расстоянием видеокамеры;
- поворотное устройство, представляет собой механизм, позволяющий осуществлять наведение камеры по заданным параметрам.

Контроллер крана, представляет собой измерительное устройство, предоставляющее в реальном времени информацию о текущем состоянии крана.

Модуль управления реализует методику автоматического обнаружения маркировки, обеспечивает:

- анализ информации от измерительных устройств;
- формирование управляющих воздействий.

Модуль управления включает следующие элементы:

- подсистема управления положением камеры, реализует алгоритм наведения видеодатчика на область маркера (Параграф 2.2);
- подсистема управления трансфокатором камеры, обеспечивает процесс формирования детализированного снимка области груза (Параграф 2.2);
- подсистема локализации маркировки, реализует алгоритм обнаружения области маркера (Параграф 2.2);
- подсистема идентификации маркировки, предназначена для анализа области маркера (Параграф 2.2).

Контроллер крана представляет собой аппаратно-программный комплекс, предоставляющий в реальном времени информацию о текущем состоянии крана.

Сервер склада принимает результат распознавания маркировки, является составной частью автоматизированной системы управления технологическими процессами склада промышленной продукции металлопрокатного комплекса.

Структурная схема системы автоматической идентификации маркировки представлена на Рисунке 3.1.

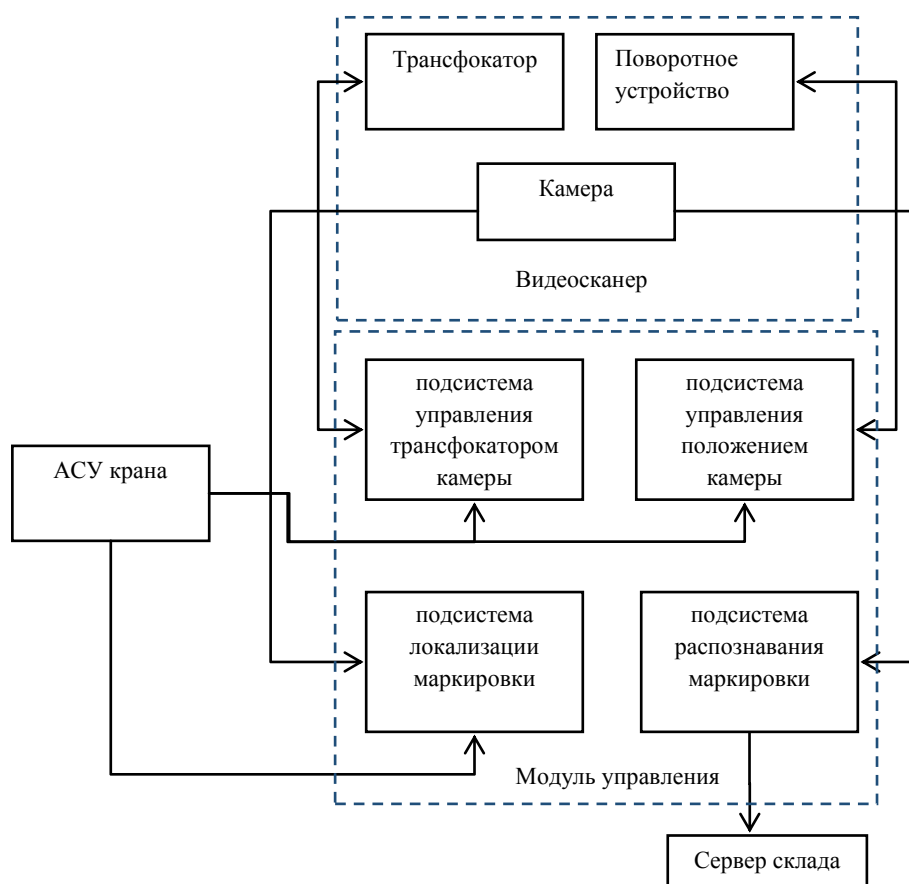


Рисунок 3.1 – Структурная схема системы

Подробнее элементы системы автоматической идентификации маркировки описаны в следующих параграфах.

Подсистема управления положением камеры

Подсистема управления положением камеры предназначена для наведения камеры на область маркировки (Рисунок 3.2).

Подсистема управления положением камеры состоит из следующих элементов:

- камера (видеосканер);
- контроллер крана;
- поворотное устройство;
- модуль управления камерой;
- датчик положения.

Камера – управляемый видеосканер – является объектом управления системы.

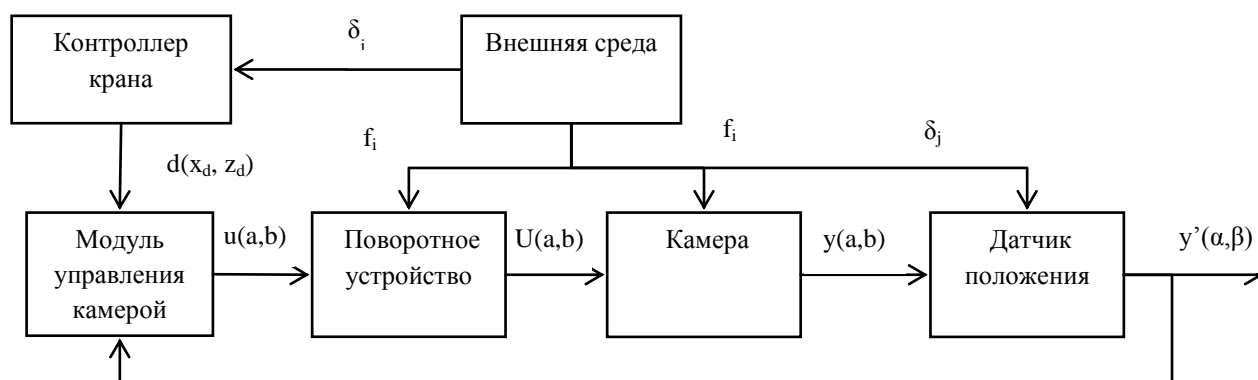


Рисунок 3.2 – Функциональная схема подсистемы управления камерой

Контроллер крана, представляет собой аппаратно-программный комплекс, предоставляющий в реальном времени информацию о текущем состоянии крана d_j , выступает в роли измерительного устройства и предоставляет следующие параметры:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм.

Модуль управления камерой. Это блок устройства управления, обрабатывающий полученную с помощью измерительных устройств текущую информацию о состоянии объекта и внешней среды и формирующий управляющие воздействия u_j (информационные сигналы), поступающие на исполнительное устройство объекта – поворотное устройство. В функции устройства управления входит.

1) Идентификация объекта и среды (анализ их текущего состояния и параметров):

(x, y, z) – координаты груза;

α – угол наклона видеосканера по горизонтали;

β – угол наклона видеосканера по вертикали.

2) Расчет управляющих воздействий $u(a, b)$ по предписанным формулам (алгоритмам):

a – угол изменения положения видеосканера по горизонтали;

b – угол изменения положения видеосканера по вертикали.

Поворотное устройство представляет собой исполнительное устройство системы. Исполнительное устройство преобразует сигналы $u(a, b)$ от устройства управления в механическое воздействие $U(a, b)$, направленное на изменение положения объекта управления - видеосканера.

Датчик положения – измерительное устройство, которое фиксирует текущее положение камеры $y'(\alpha, \beta)$:

α_p – положение видеосканера по горизонтали;

β_p – положение видеосканера по вертикали.

Внешняя среда генерирует процессы, оказывающие влияние на поведение управляемого объекта (камеры). Среда является источником помех измерения $d_j(t)$ на измерительное устройство и возмущающих воздействий $f_j(t)$ на объект управления.

Разработанная структура системы управления поворотным устройством позволяет оперативно корректировать положение видеосканера на основе информации о состоянии крана и видеосканера.

Подсистема управления трансфокатором камеры

Подсистема управления трансфокатором камеры предназначена для получения детального изображения области маркировки для её последующего анализа (Рисунок 3.3).

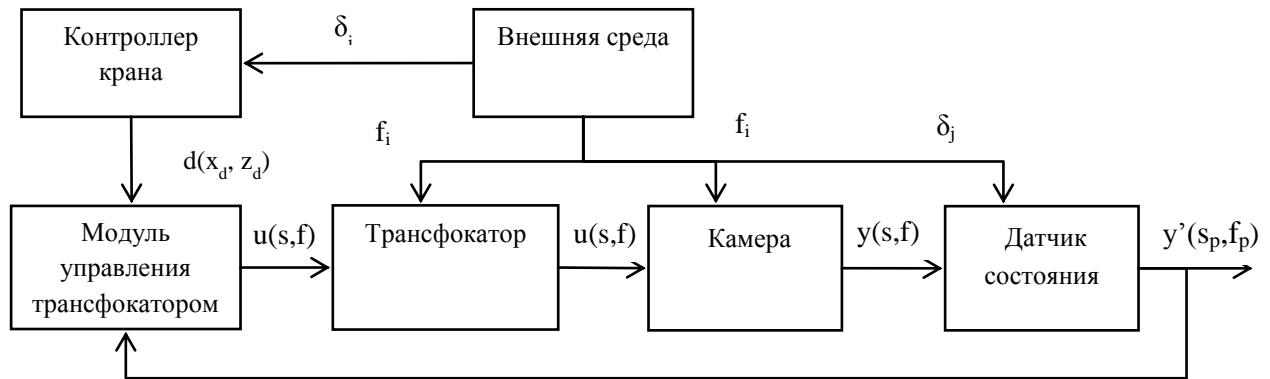


Рисунок 3.3 – Функциональная схема подсистемы управления трансфокатором камеры

Подсистема управления трансфокатором камеры состоит из следующих элементов:

- камера (видеосканер);
- контроллер крана;
- трансфокатор;
- модуль управления трансфокатором;
- датчик положения.

Камера – управляемый видеосканер – является объектом управления системы.

Контроллер крана представляет собой аппаратно-программный комплекс, предоставляющий в реальном времени информацию о текущем состоянии крана d_j , выступает в роли измерительного устройства и предоставляет следующие параметры:

- x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;
- z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм.

Модуль управления камерой. Это блок устройства управления, обрабатывающий полученную с помощью измерительных устройств текущую информацию о состоянии объекта и внешней среды и формирующий управляющие воздействия u_j (информационные сигналы), поступающие на исполнительное устройство объекта – трансфокатор. В функции устройства управления входит.

1) Анализ текущего состояния и параметров видеосканера и измерительных устройств:

(x, y, z) – координаты груза;

r – расстояние от видеосканера до груза по диагонали;

s_t – текущий масштаб видеосканера;

f_t – текущее фокусное расстояние видеосканера;

2) Расчет управляющих воздействий $u(s, f)$ по предписанным формулам (алгоритмам):

s – расчетный масштаб изображения;

f – расчетное фокусное расстояние.

Трансфокатор – исполнительное устройство, преобразующее сигналы $u(s, f)$ от устройства управления в механическое воздействие $U(s, f)$, направленное на изменение изображения, получаемого от объекта управления – видеосканера.

Датчик состояния – измерительное устройство, которое фиксирует текущее состояние трансфокатора камеры – $y'(s_p, f_p)$:

s_p – показания датчика о текущем масштабе изображения;

f_p – показания датчика о текущем фокусном расстоянии изображения.

Внешняя среда генерирует процессы, оказывающие влияние на поведение управляемого объекта (камеры). Среда является источником помех измерения $d_j(t)$ на измерительные устройства и возмущающих воздействий $f_j(t)$ на объект управления.

Разработанная структура системы управления трансфокатором камеры позволяет получить детализированное изображение маркированного изделия для его последующего анализа системой.

Подсистема локализации маркировки

Подсистема локализации маркировки предназначена для корректировки положения видеосканера относительно координат маркера.

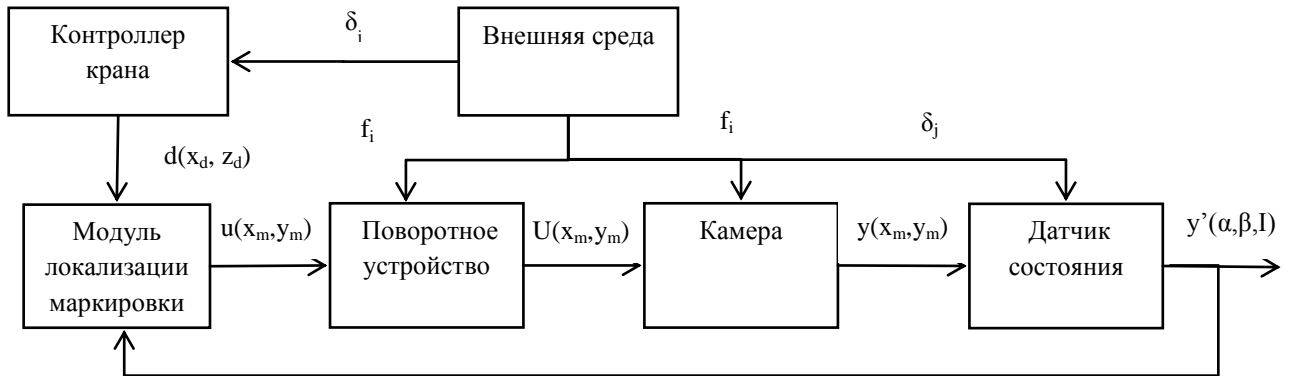


Рисунок 3.4 – Функциональная схема системы локализации маркировки

Система управления положением камеры состоит из следующих элементов (Рисунок 3.4):

- камера;
- контроллер крана;
- модуль локализации маркировки;
- поворотное устройств;
- датчик положения.

Камера – управляемый видеосканер – является объектом управления системы.

Контроллер крана представляет собой аппаратно-программный комплекс, предоставляющий в реальном времени информацию о текущем состоянии крана d_j , выступает в роли измерительного устройства и предоставляет следующие параметры:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм.

Модуль локализации маркировки. Это блок устройства управления, обрабатывающий полученную с помощью измерительных устройств текущую

информацию о состоянии объекта и внешней среды и формирующий управляющие воздействия u_j (информационные сигналы), поступающие на исполнительное устройство объекта – поворотное устройство. В функции устройства управления входит.

1) Идентификация объекта и среды (анализ их текущего состояния и параметров):

(x, y, z) – координаты груза;

α – угол наклона видеосканера по горизонтали;

β – угол наклона видеосканера по вертикали.

2) Расчет управляющих воздействий $u(x_m, y_m)$ по предписанным формулам (алгоритмам):

(x_m, y_m) – координаты маркера.

Поворотное устройство представляет собой исполнительное устройство системы. Исполнительное устройство преобразует сигналы $u(x_m, y_m)$ от устройства управления в механическое воздействие $U(x_m, y_m)$, направленное на изменение положения объекта управления - видеосканера.

Датчик положения – измерительное устройство, которое фиксирует текущее состояние камеры $y'(x_m, y_m, I)$:

I – текущее изображение видеосканера;

α_p – положение видеосканера по горизонтали;

β_p – положение видеосканера по вертикали.

Внешняя среда генерирует процессы, оказывающие влияние на поведение управляемого объекта (видеосканера). Среда является источником помех измерения $d_j(t)$ на измерительное устройство и возмущающих воздействий $f_j(t)$ на объект управления.

Реализация описанной структуры подсистемы локализации маркировки позволяет оперативно обрабатывать информацию о состоянии видеосканера и корректировать его положение относительно координат маркера для дальнейшего анализа системой.

Подсистема идентификации маркировки

Подсистема идентификации маркировки предназначена для анализа текущего изображения с видеосканера и формирования результата идентификации маркировки.

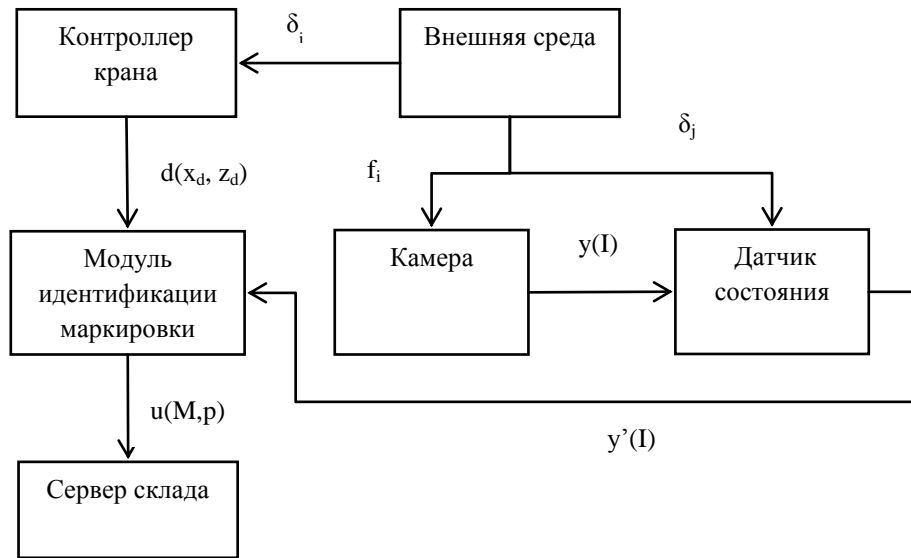


Рисунок 3.5 – Функциональная схема подсистемы идентификации маркировки

Подсистема идентификации маркировки состоит из следующих элементов (Рисунок 3.5):

- камера;
- контроллер крана;
- модуль идентификации маркировки;
- датчик состояния;
- сервер склада.

Камера – управляемый видеосканер – является объектом управления системы.

Контроллер крана представляет собой аппаратно-программный комплекс, предоставляющий в реальном времени информацию о текущем состоянии крана d_j , выступает в роли измерительного устройства и предоставляет следующие параметры:

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм.

Модуль идентификации маркировки – это блок устройства управления, обрабатывающий полученную с помощью измерительных устройств текущую информацию о состоянии объекта и внешней среды и формирующий результат идентификации u , поступающий на сервер склада. В функции устройства управления входит.

1) Идентификация объекта и среды (анализ их текущего состояния и параметров):

(x, y, z) – координаты груза;

α – угол наклона видеосканера по горизонтали;

β – угол наклона видеосканера по вертикали.

2) Генерация внутренних преобразований, по описанным формулам:

α_n – угол нормализации изображения маркировки относительно положения видеосканера;

I – нормализованное, относительно положения видеосканера изображение с видеодатчика.

3) Расчет результата идентификации $u(M, p)$ по предписанным формулам (алгоритмам):

M – результат распознавания маркировки;

p – вероятность успешного распознавания.

Датчик состояния – измерительное устройство, которое фиксирует текущее состояние камеры $u'(I)$:

I – текущее изображение видеосканера;

Сервер склада принимает результат распознавания $u(M, p)$, который включает в общую систему управления складом.

Внешняя среда генерирует процессы, оказывающие влияние на поведение видеосканера. Среда является источником помех измерения $d_j(t)$ на измерительные устройства.

Реализация описанной структуры системы идентификации маркировки обеспечивает получение достоверной информации о структуре маркера и позволяет включить полученную информацию в общую систему предприятия.

В результате построена функциональная схема системы автоматической идентификации маркировки, основанной на методике обнаружения маркировки, обеспечивающей оперативное определение контрольных данных о движении слябов по территории склада металлопрокатного комплекса.

3.2 Имитационная модель системы автоматической идентификации маркировки слябов

Для проверки работоспособности разработанных алгоритмов автоматического наведения видеодатчиков была реализована имитационная модель системы на основе математической модели «маркированное изделие - измерительная среда». Имитационная модель состоит из следующих основных программных модулей: симуляторы двух камер, симулятор крана, система автоматической идентификации маркировки.

Основные экранные формы программных модулей модели представлены на Рисунке 3.6.

Были проведены экспериментальные исследования на имитационной модели при различных значениях состояний измерительной среды и идентифицируемых объектов: длина сляба от 3 до 8 м; расстояние от видеодатчика до сляба от 1 до 35 м; положение маркировки от 0 до 5000 мм от левого края сляба.

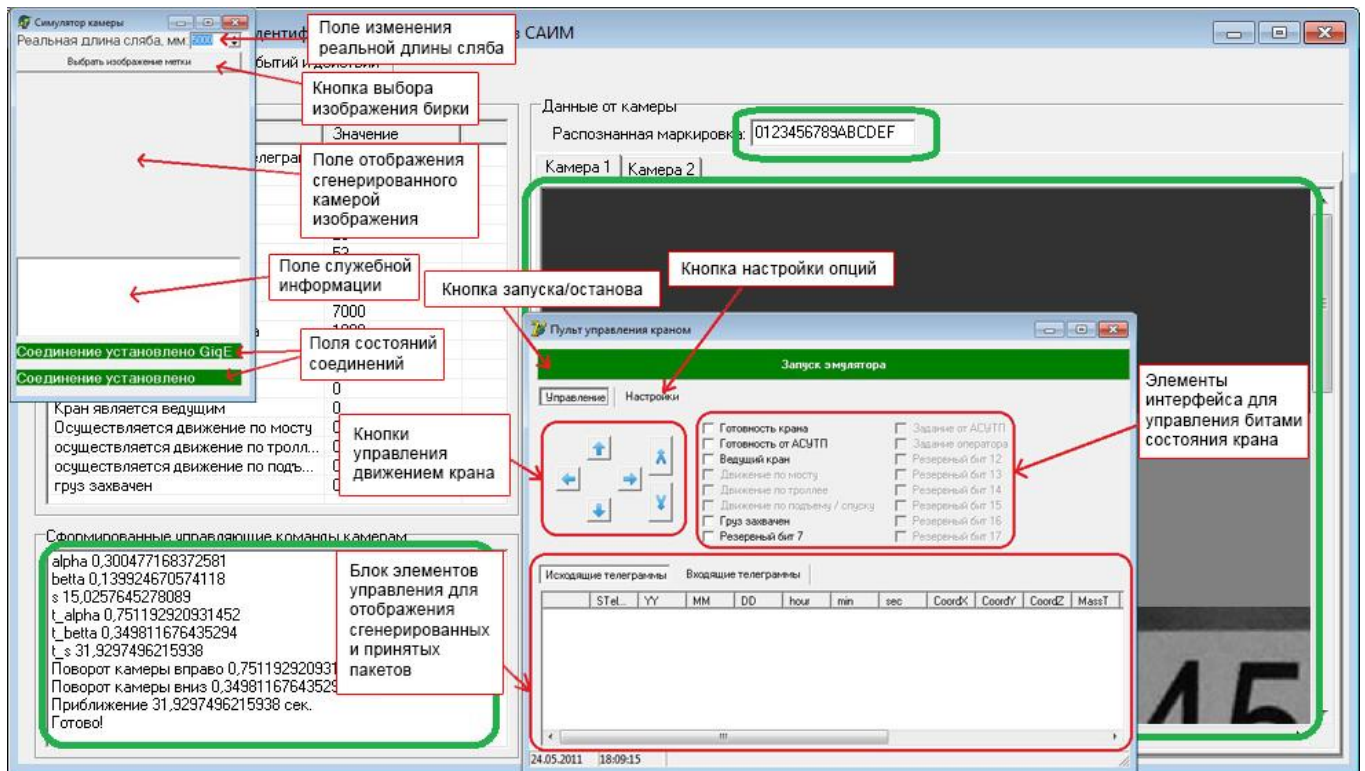


Рисунок 3.6 – Экранные формы программной реализации имитационной модели системы

Разработанные алгоритмы управления системой автоматической идентификации маркировки успешно апробированы на созданной имитационной модели.

Создание имитационной модели системы автоматической идентификации маркировки слябов являлось подготовительным этапом для формирования реальной системы для контроля движения слябов на предприятии.

3.3 Разработка системы автоматической идентификации маркировки слябов

Описание исходного дистрибутива

Дистрибутив программного средства предоставляется в папке «SAIM» на любом носителе цифровой информации. В папке «SAIM» содержатся:

- Исполняемый файл «SAIM.exe», необходимый для запуска программы.

- Файл опций «SAIM.exe.config», с параметрами конфигурации программы.

- Библиотека «pas.dll», содержащая функции для работы с платой ввода-вывода Advantech PCI-1711.

- Набор библиотек пакета Matrox Imaging Library:

- a) CodeReader.dll, содержит функции распознавания различных штрих-кодов;

- b) ImageProcessing.dll, содержит функции для преобразования изображений, полученных с устройства видеозахвата;

- c) StringReader.dll, содержит функции распознавания строк и отдельных символов;

- d) ModelFinder.dll, содержит общие функции для работы с компонентами Matrox Imaging Library.

- Библиотека классов OPCdotNETLib. Содержит описания структур данных и классов для работы OPC-сервера Simatic NET.

Общий исходный объем программного средства, включая библиотеки, составляет 36 Мб.

Вызов программы осуществляется стандартными способами операционной системы.

Программа выполняется с момента запуска до момента завершения программы пользователем или системой и может работать круглосуточно.

Входные и выходные данные

При работе программа интенсивно обменивается через сеть пакетами сообщений. Сообщения делятся на два типа:

- пакеты протокола Pelco-D, для передачи управляющего воздействия на камеру и поворотное устройство;

- пакеты для обмена с автоматизированной системой управления (АСУ) крана;

– пакеты сообщений для получения информации с датчиков камеры и поворотного устройства через плату ввода-вывода Advantech PCI-1711.

1. Формат пакетов протокола Pelco-D.

Общая структура сообщения, согласно спецификации протокола Pelco-D, выглядит следующим образом:

Таблица 3.1 – Структура сообщения по протоколу Pelco-D

Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
Synch Byte	Address	Command 1	Command 2	Data 1	Data 2	Check Sum

Byte 1. Всегда FF.

Byte 2. Адрес устройства (приемника).

Byte 3, Byte 4. Стандартные команды Pelco-D.

Byte 5. Скорость PAN (00 ~ 3F).

Byte 6. Скорость TILT (00 ~ 3F).

Byte 7. Контрольная сумма, вычисляемая следующим образом:

$$\text{Check Sum} = \text{Byte2} + \text{Byte3} + \text{Byte4} + \text{Byte5} + \text{Byte6}.$$

Пример расчета контрольной суммы показан на Рисунке 3.7

Байт		
0A	00001010	
88	10001000	
Сложение	<u>10010010</u>	92
90	10010000	
Сложение	<u>00100010</u>	22
00	00000000	
Сложение	<u>00100010</u>	22
40	01000000	
	<u>01100010</u>	62
		Значение контрольной суммы

Рисунок 3.7 – Пример расчета контрольной суммы сообщения по протоколу Pelco-D

Стандартные команды управления представлены в таблице 3.2:

Таблица 3.2 – Команды управления по протоколу Pelco-D

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Command 1	Sense	Reserved	Reserved	Auto / Manual Scan	Camera On / Off	Iris Close	Iris Open	Focus Near
Command 2	Focus Far	Zoom Wide	Zoom Tele	Down	Up	Left	Right	Always 0

Описанные команды позволяют удаленно управлять трансфокатором и поворотным устройством видеосканера.

2. Формат сообщений от АСУ крана.

Информация передается по сети Industrial Ethernet (через кабельный сегмент сети, проложенный на кране). В качестве протокола прикладного уровня на сервере приложений используется протокол OPC, при помощи которого осуществляется взаимодействие с программным обеспечением Simatic NET OPC server, которое обеспечивает коммуникацию с контроллером Simatic S7-300 по TCP/IP.

OPC (OLE for Process Control) – открытый протокол для простой и удобной организации обмена между программными компонентами различных производителей с использованием технологии COM/DCOM.

Формат принимаемого сообщения представлен в таблице 3.2.

Описанный протокол OPC используется для получения информации о состоянии крана и груза.

Функции системы автоматической идентификации маркировки

Программное средство «Программное обеспечение системы автоматической идентификации маркировки» (далее «ПО САИМ») предназначается для работы комплекса программно-аппаратных средств системы автоматической идентификации маркировки слябов (САИМ).

Таблица 3.2 – Формат принимаемого сообщения по протоколу OPC

Структура заголовка телеграммы (определение типа HeaderType)		
Serial telegram number (1-1000)/ Последовательный номер телеграммы	UInt (2 bytes)	STelNum
YY = Year/Год	Byte	YY
MM = Month/Месяц	Byte	MM
DD = Day/День	Byte	DD
HH = Hour/Час	Byte	hour
MI = Minutes/Минута	Byte	min
SS = Seconds/Секунда	Byte	sec
Структура тела телеграммы (определение типа BodyType4)		
Bridge coordinate, e.g. 44,5/ Координата по мосту	Int	CoordX
Trolley coordinate, e.g. 6,4/Координата по троллею	Int	CoordY
Hoist coordinate, e.g. 6,4/Координата спуска, подъема	Int	CoordZ
Масса груза (в тоннах), напр. 40,23	Int	MassT
1 - кран готов к работе	Byte	CraneReady
1- если есть готовность от АСУТП и оператор включил с операторской панели режим задания от АСУТП		CraneASUT P
1- если кран является ведущим при совместной работе двух кранов		MasterCran e
1- если осуществляется движение по мосту		MoveX
1- если осуществляется движение по троллею		MoveY
1- если осуществляется движение по подъему/спуску		MoveZ
1- если груз захвачен		Loaded
Резервный бит		ResBit_07

Программное обеспечение «САИМ» обеспечивает:

1. Выполнение информационного обмена с контроллером Siemens Simatic S7-300 АСУ крана ф. «KONECRANES».
2. Наведение сканирующих датчиков на распознаваемый объект путем формирования управляющих пакетов и выполнения информационного обмена с устройствами позиционирования камер по протоколу Pelco-D.
3. Обмен со сканирующими устройствами по протоколу GigE Vision и получение потока видеоданных.
4. Автоматическое распознавание алфавитно-цифрового кода маркировки с использованием заранее созданного алфавита символов с помощью API-функций пакета Matrox Image Library String reader package.
5. Формирование и отправка выходного пакета на АСУ Крана после окончания распознавания маркировки.

Для работы с программным средством «ПО САИМ» пользователь должен обладать навыками работы с операционной системой Windows.

Программные и аппаратные требования к системе

Предъявляются следующие требования к аппаратному обеспечению.

1. Процессор: Intel Core i7 2,66GHz (модель i7-920).
2. Системная шина (FSB): 1333MHz.
3. Оперативная память: 4Гбайт (2x2Гбайт) DDR3-10600 (1333MHz).
4. Жесткий диск: интерфейс SATAII (3Gbit/s), 500Гбайт или больше.
5. Слоты расширения:
 - слот PCI-Ex16 2.0 для видеокарты;
 - слот PCI-Ex16 или PCI-Ex4 для платы видеозахвата (Matrox Solios GigE);
 - слот PCI для платы дискретного/аналогового ввода/вывода (Advantech PCI-1711);
 - слот PCI или PCI-X для интерфейсной платы RS-485 (Муха CP-132UL).
6. Мощность блока питания: минимум 500Вт, наличие 4-фазного коннектора питания материнской платы 8-pin.

Требования к системному и прикладному программному обеспечению.

1. Операционная система: Microsoft Windows XP Professional SP3 x86 (32-bit) или Windows7 x86 (32-bit).
2. Прикладное программное обеспечение:
 - Matrox Imaging Library 9.0 со следующими опциональными пакетами:
 - А) MIL machine vision package.
 - Б) MIL identification (включая OCR, Code Reader).
 - В) MIL string reader.
 - Г) MIL image compression package (JPEG).
 - Д) MIL color analysis package.
 - Е) Runtime ActiveX-componets.
 - Basler Pylon Driver SDK 2.1 (GigE Vision Performance Driver).

- Moxa ViewCom Utility V.1.0 для платы последовательных интерфейсов CP-132UL (в комплекте с платой).
- Драйвер DLL (32-бит) для многофункциональной платы ввода-вывода Advantech PCI-1711.
- Siemens Simatic NET SOFTNET-S7 Lean/2008.

Предварительная подготовка и настройка системы

1. Состав и содержание дистрибутивного носителя данных.

Дистрибутив программного средства предоставляется в папке «SAIM» на любом носителе цифровой информации. В папке «SAIM» содержатся:

- Исполняемый файл «SAIM.exe», необходимый для запуска программы.
- Файл опций «SAIM.exe.config», с параметрами конфигурации программы.
- Библиотека «pas.dll», содержащая функции для работы с платой ввода-вывода Advantech PCI-1711.
- Набор библиотек пакета Matrox Imaging Library:
 - a) CodeReader.dll, содержит функции распознавания различных штрих-кодов.
 - b) ImageProcessing.dll, содержит функции для преобразования изображений, полученных с устройства видеозахвата.
 - c) StringReader.dll, содержит функции распознавания строк и отдельных символов.
 - d) ModelFinder.dll, содержит общие функции для работы с компонентами Matrox Imaging Library.
- Библиотека «dibapi.dll», содержит пакет классов и функций для работы с Siemens Simatic NET.

2. Порядок загрузки данных и программ.

Установка программного средства состоит из двух этапов:

1. Скопировать дистрибутив в выбранную пользователем папку с помощью стандартных средств Windows.

2. Выполнить установку необходимого для работы программы прикладного программного обеспечения, описанного в параграфе 4.2.

Процедуры запуска и настройки Simatic Net OPC-сервера и OPC-клиента видеосервера САИМ должны выполняться лицами, прошедшими обучение и имеющими соответствующую квалификацию. Неквалифицированные действия могут привести к выходу из строя оборудования/программного обеспечения.

Настройка окружения OPC-клиента на видеосервере САИМ проводится в несколько этапов и включает.

1. Проверку наличия установленного пакета Simatic NET PC и, в случае необходимости, установку этого пакета.
2. Настройку компонентов Simatic NET S7 OPC Server.
3. Проверку связи с OPC-сервером с помощью утилиты OPC Scout.
4. Настройку брандмауэра (FireWall), если таковой установлен на видеосервере.

Для проверки установленных компонентов Simatic NET PC необходимо:

- Открыть в меню Пуск -> Панель управления -> Установка и удаление программ.
- В окне установленных программ проверить наличие пакета Simatic NET PC.
- Закрыть окно.

Для выполнения настройки компонентов Simatic NET S7 OPC Server необходимо:

- Открыть в меню Пуск -> Все программы -> SIMATIC -> SIMATIC NET -> Configuration Console.
- Выделить вкладку Security и установить режим OPC-соединений таким, как показано на Рисунке 3.8.
- Выделить вкладку Access Points и, если на правой панели сетевой адаптер для S7ONLINE не выбран, то двойным щелчком кликнуть на пункте S7ONLINE и выбрать сетевой адаптер Ethernet, который планируется использовать для OPC-обмена с контроллером АСУ крана (Рисунок 3.9).

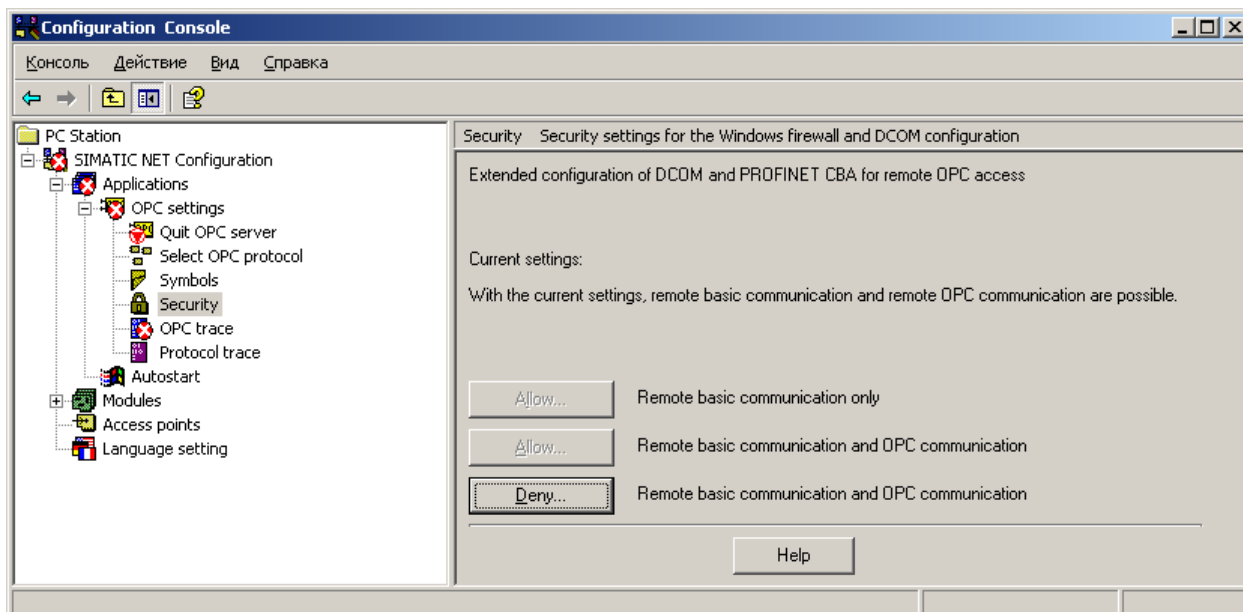


Рисунок 3.8 – Настройки безопасности в Configuration Console

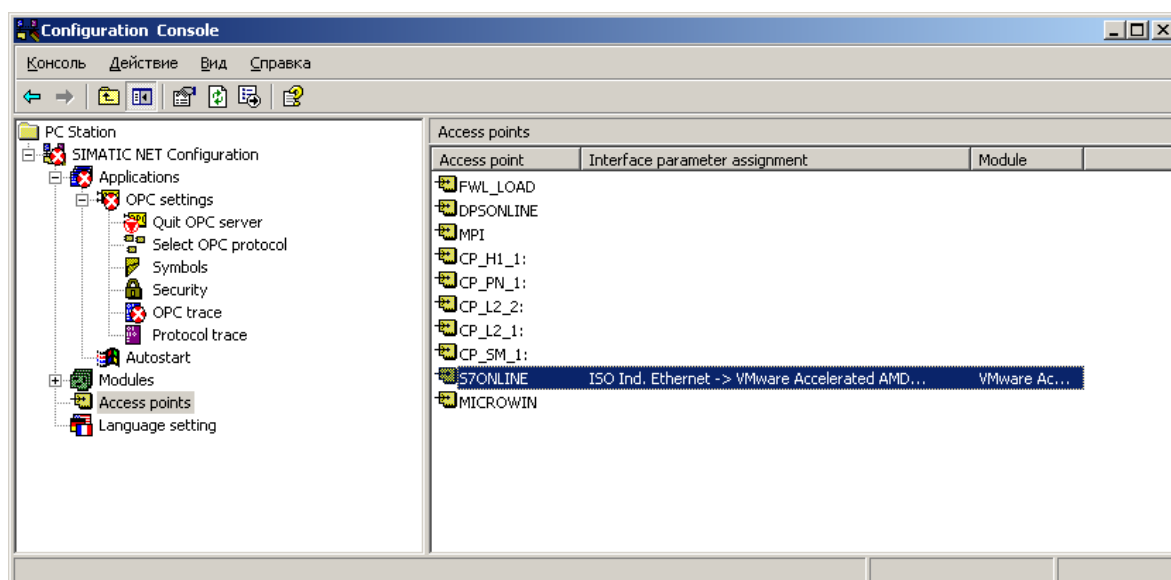


Рисунок 3.9 – Выбор сетевого адаптера для OPC-обмена

- Открыть вкладку Select OPC protocol и убрать галочки со всех остальных протоколов кроме S7 (Рисунок 3.10). Также оставить галочку для DX OPC-интерфейса.
- Открыть в меню Пуск -> Все программы -> SIMATIC -> Station Configurator, либо кликнуть правой клавишей мыши на иконке с изображением компьютера и выбрать «Configure...».

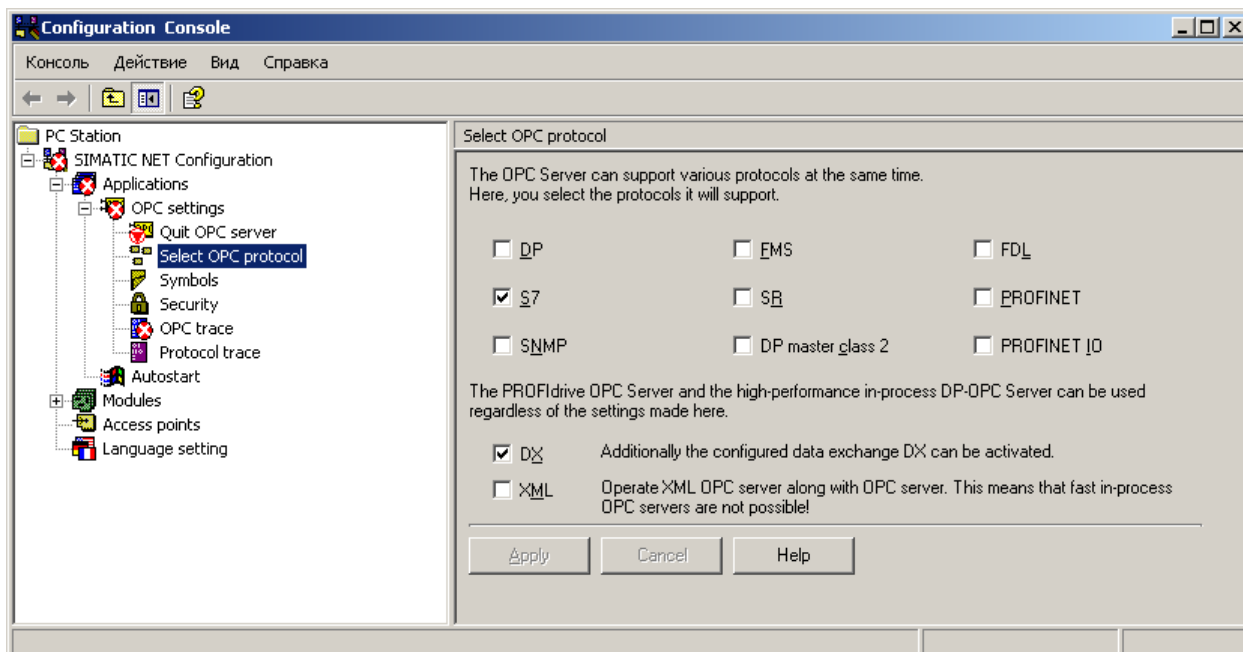


Рисунок 3.10 – Выбор протокола S7 для OPC-обмена

– В окне Station Configuration Editor с помощью кнопки Add добавить в первый слот конфигурации станции OPC Server, а в третий слот – сетевой адаптер IE General (Рисунок 3.11). В окне свойств IE General выбрать сетевой адаптер для обмена с контроллером АСУ крана.

Для проверки связи с помощью OPC Scout необходимо:

- Открыть в меню Пуск -> Все программы -> SIMATIC -> SIMATIC NET -> OPC Scout.
- Выделить в окне OPC Scout слева Local Servers -> OPC.SimaticNET и щелкнуть дважды на этом пункте.
- В окне добавления группы ввести название группы (например Gr1) и выбрать период обновления – 250 мсек.
- Щелкнуть правой клавишей на имени созданной группы – выбрать Add Item.
- В раскрывшемся окне добавить OPC-элемент “S7:[OPCconn_1]DB957, W0” (при этом соответствующий блок данных должен быть уже загружен в контроллер и OPC-соединение OPCconn_xv должно быть сконфигурировано в NetPro).

– Проверить, что такая переменная существует и обновляется нормально (если OPC-соединение работоспособно и OPC-сервер сконфигурирован правильно, то поле Quality должно быть равно GOOD).

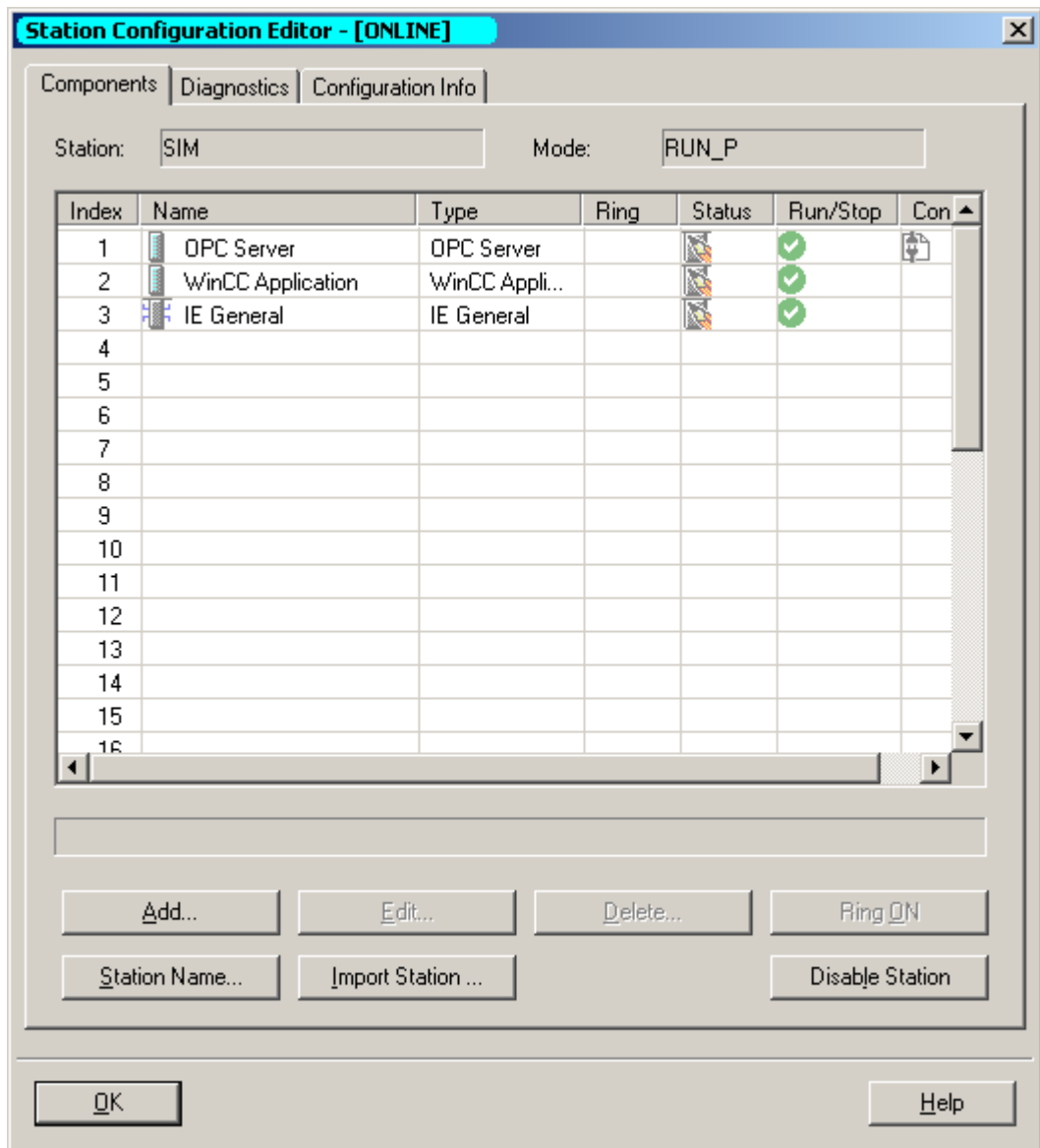


Рисунок 3.11 – Конфигурирование станции в Station Configuration Editor

Настройка брандмауэра заключается в таком конфигурировании его правил, чтобы видеосервер мог получить доступ к контроллеру АСУ крана. Для этого следует создать правила для соответствующего IP-адреса коммуникационного процессора контроллера, разрешающие входящий и исходящий трафик на этот адрес.

Проверка корректности настройки определяется выполнением команды «ping» на соответствующий коммуникационный процессор.

Особенности настройки определяются типом брандмауэра, поэтому в этом документе не приводятся.

Описание интерфейсов программы

После запуска программы появляется окно, интерфейс которого представлен на Рисунке 3.12. Основными элементами управления являются:

- кнопки переключения вида интерфейса;
- блок ручного управления камерами;
- блок автоматического управления камерами;
- блок информации с ОРС-контроллера крана;
- поле событий системы;
- поле информации о наведении камер.

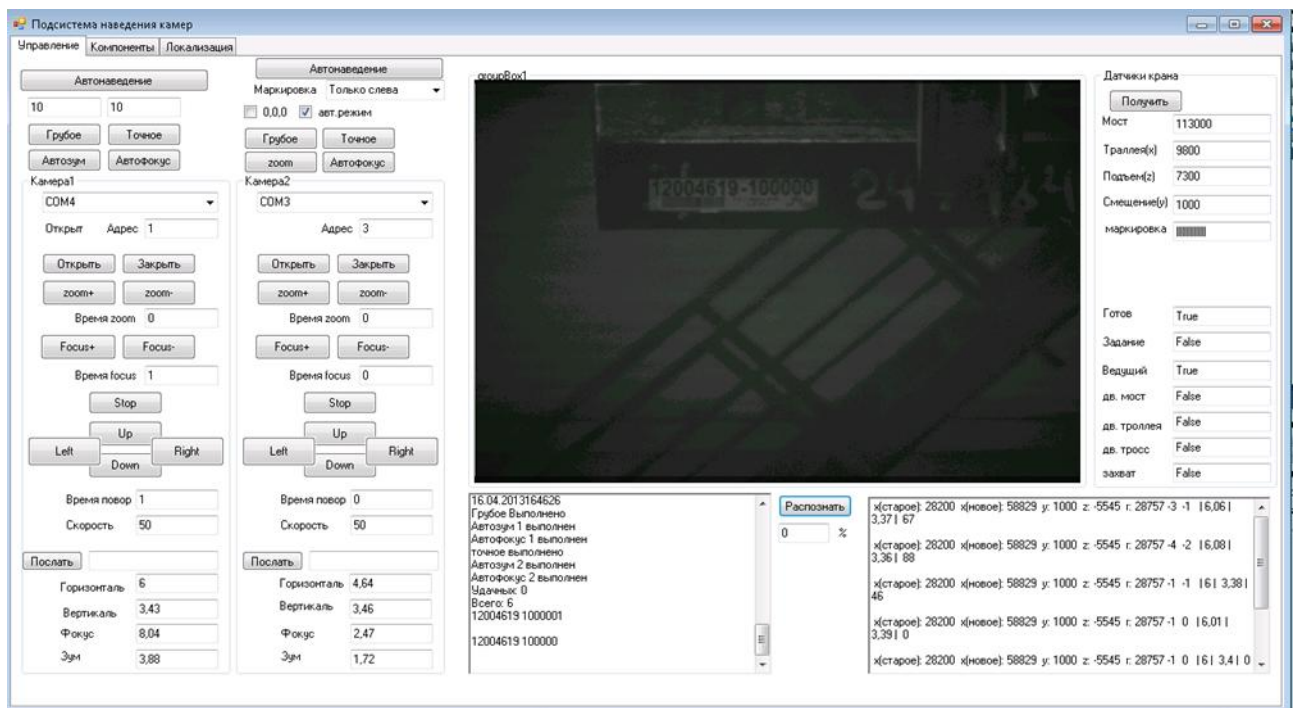


Рисунок 3.12 – Интерфейс окна системы управления. Вид интерфейса «САИМ»

Для проверки работоспособности программного средства необходимо выполнить следующие действия.

Стандартными средствами операционной системы загрузить программный модуль «САИМ», запустив на выполнение программу «SAIM.exe».

Следующим шагом является проверка наличия установленных соединений. Наиболее простой способ – проверить лог событий. Для этого необходимо.

1. Открыть лог событий, нажав на кнопку «Лог событий и действий».
2. Убедиться в присутствии событий с описаниями, указанными на рисунке.
3. Если в блоке информации с контроллера крана отсутствуют данные, необходимо проверить наличие связи с ОРС-сервером.
4. Если в блоке управления камерами отсутствует информация о текущем значении датчиков, то необходимо проверить связь с платой ввода-вывода Advantech PCI-1711.

Описание работы с программным модулем системы автоматической идентификации маркировки

Запустите программу системы управления. Проверьте работоспособность программного средства (Параграф 3.3).

Система управления в двух режимах: ручной и автоматический. Переключение режимов при запуске программы. По умолчанию выбран автоматический режим работы. Тип режима по умолчанию можно изменить в файле конфигурации.

Файл конфигурации настраивается на каждый кран индивидуально и требует специальной подготовки. По умолчанию все настройки указаны верно.

Автоматический режим работы САИМ обеспечивает контроль выполнения текущего задания по перемещению сляба по складу в круглосуточном режиме.

САИМ в автоматическом режиме работы имеет 2 состояния:

- Активное. Выполняется комплекс действий по идентификации маркировки сляба. В активном состоянии работы, системы не отвечает на запросы пользователя, предоставляет только визуальные данные о текущей работе системы.
- Пассивное. Система находится в режиме ожидания.

Работа системы в активном состоянии состоит в последовательном выполнении следующих этапов.

1. Запуск подсистемы идентификации слябов, перевод системы в активное состояние. Выполняется при выполнении ряда условий:

а) Поднятие груза на транспортную высоту. Значение транспортной высоты может быть изменено в файле конфигурации.

б) Отсутствие движения по тросу и троллее крана.

2. Грубое наведение камеры на груз. Возможны следующие настройки наведения камеры (изменяется в файле конфигурации):

а) Левая сторона груза (По умолчанию). Предусматривает наличие маркировки в левой части груза.

б) Правая сторона груза. Предусматривает наличие маркировки в правой части груза.

с) Посередине груза. Предусматривает наличие маркировки в центральной части груза.

д) Слева и Справа груза. Предусматривает последовательное сканирование груза на наличие метки сначала в левой, а затем в правой части груза.

3. Изменение масштаба изображения. Первоначальное приближение камеры и фокусировка изображения. Значение приближения может быть изменено в файле конфигурации.

4. Точное наведение камеры, локализация маркировки. Производится корректировка положения поворотного устройства камеры, относительно положения маркировки. Данный этап можно отключить в файле конфигурации.

5. Изменение масштаба изображения. Заключительное приближение камеры и фокусировка изображения. Значение приближения может быть изменено в файле конфигурации.

6. Распознавание маркировки, формирование исходящего пакета с результатом распознавания. Перевод системы в пассивное состояние.

В зависимости от количества используемых камер, возможно несколько сценариев работы автоматического режима работы САИМ (изменяется в файле конфигурации).

1. Система работает с одной видеокамерой, указанной в настройках как главная (по умолчанию).

2. Система работает последовательно с двумя камерами. Сначала выполняются этапы автоматической идентификации для камеры указанной в настройках как главная, затем, в случае неудачного распознавания маркировки, те же этапы выполняются для камеры, указанной в настройках как дополнительная.

Ручной режим работы необходим для первоначальной и последующих настроек системы для конкретного крана и предоставляет следующие функции.

1. Управление камерами.

а) Подключение, отключение камер. Настройка адресов камер, выбор СОМ-порта для подключения.

б) Управление поворотным устройством. Проверка подключения и работоспособности поворотного устройства. Установка зависимости изменения показаний датчиков при изменении текущего положения.

с) Управление трансфокатором камеры. Изменение параметров ZOOM и FOCUS, установка зависимости изменения показаний датчиков при изменении текущего положения.

2. Проверка и отладка этапов автоматического режима работы.

а) Грубое наведение. Тестирование данного этапа, выбор положения для наведения. Возможность установки положения поворотного устройства в изначальное положение (0,0,0);

б) Изменение масштаба изображения. Тестирование автоматического приближения трансфокатора камеры. Выполняется после грубого наведения, т.к. для выполнения данного этапа необходимо рассчитать расстояние до объекта;

с) Автофокусировка. Тестирование фокусировки трансфокатора камеры на объекте. Необходимо выполнение этапов а и б;

d) Локализация маркировки, корректировка положения поворотного устройства. Предусмотрена возможность проверки локализации на текущем изображении;

e) Распознавание маркировки. Предусматривает возможность тестирования функции распознавания на текущем изображении.

Таким образом, разработанный программный модуль системы автоматической идентификации маркировки слябов позволяет обеспечить контроль металлопрокатных заготовок на складе слябов и заготовок.

3.4 Выводы по 3-й главе

1. Представлена структура системы автоматической идентификации маркировки на основе алгоритмов управления видеодатчиками, обеспечивающая оперативное определение контрольных данных о движении слябов.

2. Реализована имитационная модель системы на основе математической модели «маркированное изделие - измерительная среда» для проверки работоспособности разработанных алгоритмов автоматического наведения видеодатчиков.

3. Разработан программный модуль системы автоматической идентификации маркировки, обеспечивающий оперативное определение контрольных данных о движении слябов.

Глава 4 Экспериментальные исследования разработанной системы

4.1 Проверка адекватности разработанной математической модели системы "маркированное изделие – измерительная среда"

В общем случае под адекватностью понимают степень соответствия модели тому реальному явлению или объекту, для описания которого она строится. Адекватность модели определяется степенью ее соответствия не столько реальному объекту, сколько целям исследования [58; 83].

Один из способов обоснования адекватности разработанной модели – использование методов математической статистики. Суть этих методов заключается в проверке выдвинутой гипотезы (в данном случае – об адекватности модели) на основе некоторых статистических критериев.

Процедура оценки основана на сравнении измерений на реальной системе и результатов экспериментов на модели и может проводиться различными способами. Наиболее распространенные из них:

- по средним значениям откликов модели и системы. При этом способе проверяется гипотеза о близости среднего значения наблюдаемой переменной Y среднему значению отклика реальной системы Y^* . В результате N_0 опытов на реальной системе получают множество значений (выборку) Y^* . Выполнив N_m экспериментов на модели, также получают множество значений наблюдаемой переменной Y . Затем вычисляются оценки математического ожидания и дисперсии откликов модели и системы, после чего выдвигается гипотеза о близости средних значений величин Y^* и Y (в статистическом смысле);

- по дисперсиям отклонений откликов модели от среднего значения откликов системы;

- по максимальному значению относительных отклонений откликов модели от откликов системы.

При количественном сравнении оценивают точность вычисления параметров. В моделях, предназначенных для выполнения оценочных и прикидочных расчетов, удовлетворительной считается точность 10–15 %. В моделях, используемых в управляющих и контролирующих системах, требуемая точность может быть менее 2%.

***Проверка адекватности математической модели управления
поворотным устройством***

Определим достоверность утверждения:

$$\alpha = a_{\alpha} * \alpha_p + b_{\alpha}$$

где α_p – показания датчика о положении поворотного устройства по горизонтали, в вольтах;

α – угол наклона поворотного устройства по горизонтали.

Для проверки адекватности функции проведем исследование характеристик по таким параметрам как математическое ожидание (m_{α}) по формуле:

$$m_{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} \quad (4.1)$$

и дисперсия по формуле:

$$D_{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha_i - m_{\alpha})^2}{n} \quad (4.2)$$

Исследуемыми параметрами будут являться входной параметр на объекте (α_p), выходной параметр на объекте (α) и выходной параметр на модели (α_m). Также найдем относительную погрешность, представляющую собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины и максимальное значение ошибки.

В качестве истинного значения принимаем выходной параметр на объекте, а в качестве значения измеряемой величины – выходной параметр на модели. Измерения сведены в таблицу 4.1:

Таблица 4.1 – Экспериментальное исследование изменения параметра угла наклона видеосканера по горизонтали

Управляющий параметр – показания датчика о положении поворотного устройства по горизонтали - α_p			
Управляемый параметр	Вид сигнала	Исследуемые характеристики	
		Мат. ожидание	Дисперсия
Угол наклона поворотного устройства по горизонтали - α	Входной параметр на объекте	5.499	0.015
	Выходной параметр на объекте	-4.387	24.677
	Выходной параметр на модели	-4.279	23.232
	Относительная погрешность	3.312%	
	Максимальное значение ошибки	9.777%	

Также для визуального сравнения графиков выходного параметра на объекте и на модели построим график с наложением обеих реализаций (Рисунок 4.1).

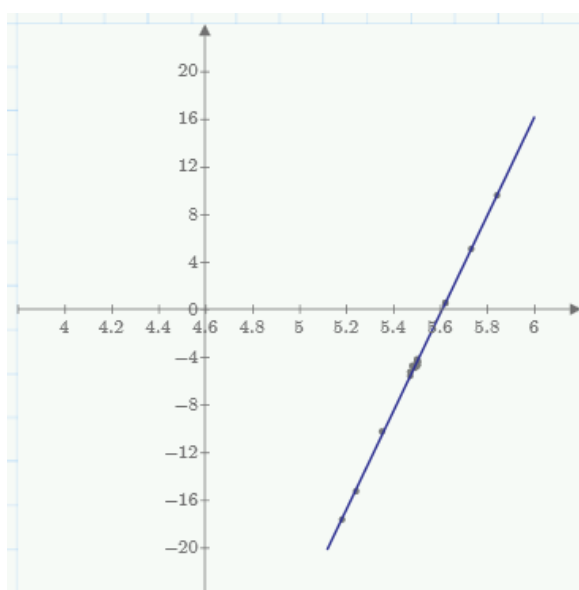


Рисунок 4.1 – Сравнение углов наклона по горизонтали реального и моделируемого поворотного устройства

Моделируемые значения положения поворотного устройства по горизонтали соответствуют реальным значениям в рамках установленной погрешности измерительных приборов: математическое ожидание отличается от реального не более чем на 2,4%, а дисперсия не более чем на 4,8%, при этом средняя относительная погрешность составила 3,312%, а максимальная относительная ошибка не превышает 10%, что подтверждает достоверность приведенного утверждения.

Определим достоверность утверждения:

$$\beta = a_{\beta} * \beta_p + b_{\beta}$$

где β_p – показания датчика о положении поворотного устройства по вертикали, в вольтах;

β – угол наклона поворотного устройства по вертикали.

Для проверки адекватности функции проведем исследование характеристик по таким параметрам, как математическое ожидание (m_{β}) по формуле:

$$m_{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i}{n} \quad (4.3)$$

и дисперсия по формуле:

$$D_{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (\beta_i - m_{\beta})^2}{n} \quad (4.4)$$

Исследуемыми параметрами будут являться входной параметр на объекте (β_p), выходной параметр на объекте (β) и выходной параметр на модели (β_m). Также найдем относительную погрешность, представляющую собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины и максимальное значение ошибки.

В качестве истинного значения принимаем выходной параметр на объекте, а в качестве значения измеряемой величины – выходной параметр на модели. Измерения сведены в таблицу 4.2.

Для визуального сравнения графиков выходного параметра на объекте и на модели построен график с наложением обеих реализаций (Рисунок 4.2).

Таблица 4.2 – Экспериментальное исследование изменения параметра угла наклона видеосканера по вертикали

Управляющий параметр – показания датчика о положении поворотного устройства по вертикали - β_p			
Управляемый параметр	Вид сигнала	Исследуемые характеристики	
		Мат. ожидание	Дисперсия
Угол наклона поворотного устройства по вертикали - β	Входной параметр на объекте	3.4	0.607
	Выходной параметр на объекте	1.675	18.737
	Выходной параметр на модели	1.581	17.633
	Относительная погрешность	4.622%	
	Максимальное значение ошибки	8.637%	

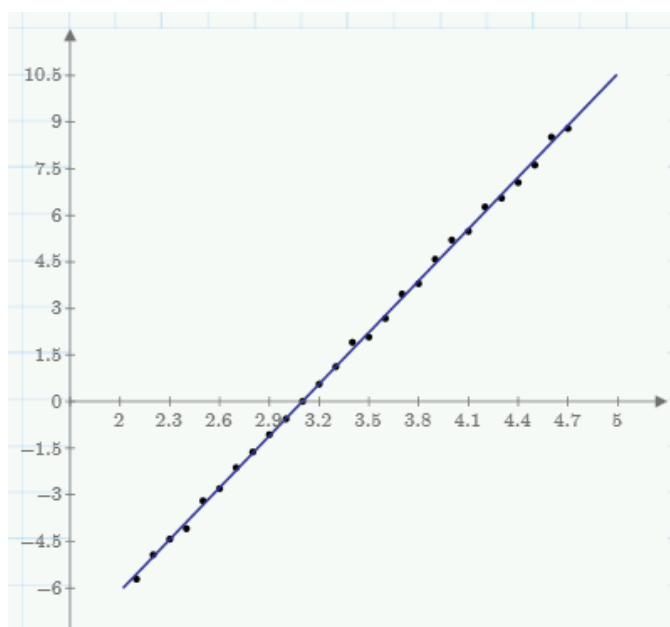


Рисунок 4.2. – Сравнение углов наклона по вертикали реального и моделируемого поворотного устройства

Моделируемые значения положения поворотного устройства по вертикали соответствуют реальным значениям в рамках установленной погрешности измерительных приборов: математическое ожидание отличается от реального не более чем на 5,7%, а дисперсия не более чем на 8%, при этом средняя относительная погрешность составила 4,622%, а максимальная относительная ошибка не превышает 9%, что подтверждает достоверность приведенного утверждения.

Проверка адекватности математической модели управления трансфокатором камеры

Проверим достоверность утверждения:

$$f = \frac{r}{s}$$

где r – расстояние от видеодатчика до маркировки;

s – текущий масштаб изображения видеодатчика.

Для проверки адекватности функции проведем исследование характеристик по таким параметрам как математическое ожидание (m_f) по формуле:

$$m_f = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad (4.5)$$

и дисперсия по формуле:

$$D_f = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i - m_f)^2}{n} \quad (4.6)$$

Исследуемыми параметрами будут являться входной параметр на объекте (r), выходной параметр на объекте (f) и выходной параметр на модели (f_m). Также найдем относительную погрешность, представляющую собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины и максимальное значение ошибки.

В качестве истинного значения принимаем выходной параметр на объекте, а в качестве значения измеряемой величины – выходной параметр на модели. Измерения сведены в таблицу 4.3.

Для визуального сравнения графиков выходного параметра на объекте и на модели построен график с наложением обеих реализаций (Рисунок 4.3).

Таблица 4.3 – Экспериментальное исследование изменения фокусного расстояния трансфокатора видеосканера

Управляющий параметр – расстояние от видеодатчика до маркировки - r			
Управляемый параметр	Вид сигнала	Исследуемые характеристики	
		Мат. ожидание	Дисперсия
Фокусное расстояние трансфокатора видеодатчика - f	Входной параметр на объекте	4624.916	12280071.364
	Выходной параметр на объекте	1.971	0.04
	Выходной параметр на модели	1.91	0.037
	Относительная погрешность	1.391%	
	Максимальное значение ошибки	1.879%	

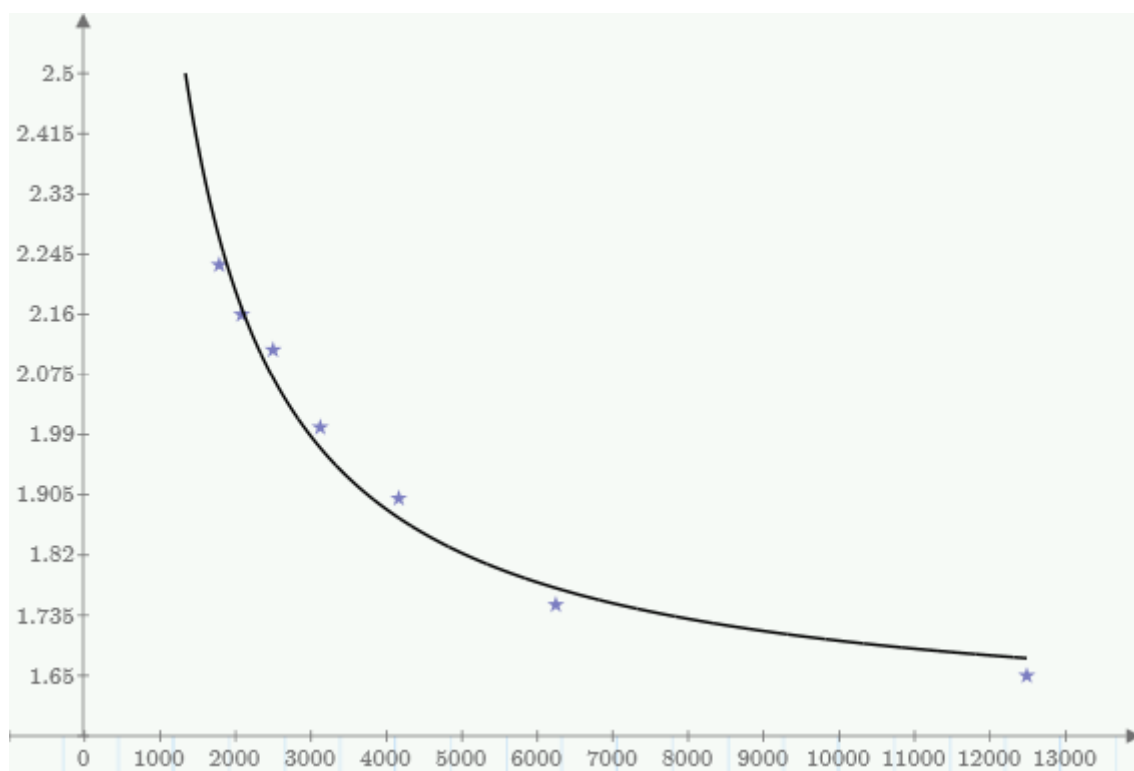


Рисунок 4.3 – Сравнение фокусного расстояния реального и моделируемого трансфокатора видеосканера

Моделируемые значения фокусного расстояния трансфокатора видеосканера соответствуют реальным значениям в рамках установленной погрешности измерительных приборов: математическое ожидание отличается от реального не более чем на 3%, а дисперсия не более чем на 7%, при этом средняя относительная погрешность составила 1,3%, а максимальная относительная ошибка не превышает 2%, что подтверждает достоверность приведенного утверждения.

Проверим достоверность утверждения:

$$s = \frac{2 \cdot r}{W_m} \cdot l \cdot \tan\left(\frac{\alpha_v}{2} * \frac{\pi}{180}\right)$$

где r – расстояние по диагонали от видеодатчика до маркировки;

l – коэффициент приближения;

W_m – длина метки;

α_v – угол поля зрения видеодатчика.

Для проверки адекватности функции проведем исследование характеристик по таким параметрам, как математическое ожидание (m_s) по формуле:

$$m_s = \frac{\sum_{i=1}^n s_i}{n} \quad (4.7)$$

и дисперсия по формуле:

$$D_s = \frac{\sum_{i=1}^n (s_i - m_s)^2}{n} \quad (4.8)$$

В условиях эксперимента переменные принимали следующие значения: $l=1$, $W_m=407$, $\alpha_v = 46.6$.

Исследуемыми параметрами будут являться входной параметр на объекте (r), выходной параметр на объекте (s) и выходной параметр на модели (s_m). Также найдем относительную погрешность, представляющую собой отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению измеряемой величины и максимальное значение ошибки.

В качестве истинного значения принимаем выходной параметр на объекте, а в качестве значения измеряемой величины – выходной параметр на модели. Измерения сведены в таблицу 4.4:

Таблица 4.4 – Экспериментальное исследование изменения параметра масштаба изображения трансфокатора видеосканера

Управляющий параметр – расстояние от видеодатчика до маркировки - r			
Управляемый параметр	Вид сигнала	Исследуемые характеристики	
		Мат. ожидание	Дисперсия
Масштаб изображения трансфокатора - f	Входной параметр на объекте	3157.143	2596020.408
	Выходной параметр на объекте	4	4
	Выходной параметр на модели	4.1	4.187
	Относительная погрешность	1.835 %	
	Максимальное значение ошибки	4.766 %	

Также для визуального сравнения графиков выходного параметра на объекте и на модели построен график с наложением обеих реализаций (Рисунок 4.4).

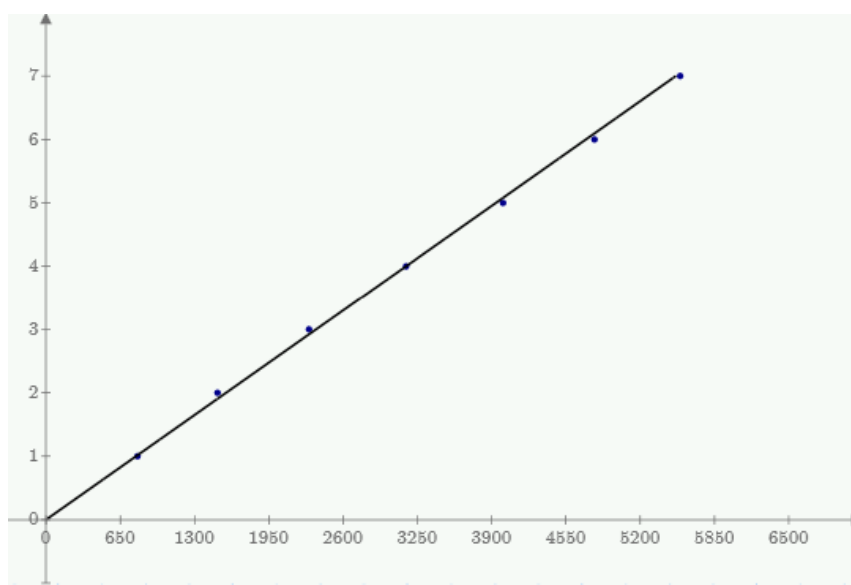


Рисунок 4.4 – Сравнение масштаба приближения реального и моделируемого трансфокатора видеосканера

Моделируемые значения масштаба изображения трансфокатора видеосканера соответствуют реальным значениям в рамках установленной

погрешности измерительных приборов: математическое ожидание отличается от реального не более чем на 2%, а дисперсия не более чем на 4%, при этом средняя относительная погрешность составила 1,8%, а максимальная относительная ошибка не превышает 5%, что подтверждает достоверность приведенного утверждения.

Таким образом, математическая модель «маркированное изделие – измерительная среда» является адекватной на основе представленных экспериментальных данных. Разница измерений в среднем не превышала 4%, максимальная относительная ошибка – 8%, что позволяет сделать вывод о достоверности представленной математической модели.

4.2 Экспериментальное исследование разработанных алгоритмов наведения видеодатчиков

Цель экспериментального исследования – определить достоверность применения алгоритмов грубого и точного наведения видеодатчиков.

Экспериментальное исследование проводилось на разработанной системе автоматической идентификации маркировки.

Оценка достоверности алгоритма грубого наведения видеодатчика

Этап грубого наведения предназначен для подготовки качественного снимка изделия для его последующей обработки.

Для оценки достоверности выделим следующие параметры.

1. Оценка вероятности успешного распознавания маркировки, после выполнения этапа грубого наведения (P_r), является отношением числа успешных распознаваний (r) к общему числу попыток (n)

$$P_r = \frac{r}{n} \tag{4.9}$$

2. Относительная погрешность вычисления углов наведения поворотного устройства $\delta(\alpha)$, $\delta(\beta)$ в сравнении со значениями углов α_r, β_r , при которых видеосканер наведен на центр маркера.

$$\delta(\alpha) = \frac{|\alpha - \alpha_r|}{\alpha_r} \quad (4.10)$$

$$\delta(\beta) = \frac{|\beta - \beta_r|}{\beta_r} \quad (4.11)$$

3. Расстояние от видеосканера до центра маркировки (r), с оценкой составляющих параметров (x, y, z), по отношению к реальным измерениям (x_r, y_r, z_r).

4. Оценка вероятности успешного наведения видеосканера на маркировку (P_m). Успешным в данном случае будем считать попадание маркера в область видимости видеосканера.

Входными параметрами эксперимента являются:

α_d – показания датчика о положении видеодатчика по горизонтали, в вольтах;

β_d – показания датчика о положении видеодатчика по вертикали, в вольтах;

s_d – показания датчика о масштабе изображения видеодатчика, в вольтах;

f_d – показания датчика о фокусном расстоянии видеодатчика, в вольтах.

x_d – координата груза, относительно крайней точки моста крана, в мм;

z_d – координата груза, относительно уровня пола, вдоль оси подъема, в мм;

l – коэффициент приближения видеосканера.

На основе входных параметров вычисляются следующие характеристики.

– Текущее положение поворотного устройства по вертикали (α) по формуле (2.6) и горизонтали (β) по формуле (2.7).

– Текущее фокусное расстояние (f) по формуле (2.9) и масштаб изображения (s) видеосканера по формуле (2.10).

– Координаты положения маркировки (x, y, z) по формулам (2.2), (2.3), (2.4).

– Расстояние от видеосканера до маркировки (r), вычисляется по формуле (2.5).

– Расчетный масштаб изображения (s) по формуле (2.12).

– Расчетное фокусное расстояние (f) по формуле (2.13).

Константами в условиях эксперимента являются:

$L_s = 5000$ мм. – длина сляба;

$d_y = 1200$ мм. – расстояние по длине, от края сляба до середины маркировки;

$H_s = 9800$ мм. – высота крепления видеодатчика над уровнем пола.

$W_m = 407$ мм. – длина маркировки;

$\alpha_v = 46.6$ – угол поля зрения видеодатчика.

Результаты экспериментального исследования сведены в Таблицы 4.5, 4.6 с реальными и полученными на выходе системы параметрами.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что вычисляемые системой значения соответствуют реальным в рамках установленной погрешности. Так, средняя ошибка при вычислении расстояния от видеосканера до маркера составила 2,7%, при этом положение поворотного устройства было вычислено со средней погрешностью 6,1% по горизонтали и 4,8% по вертикали. Это, в свою очередь, привело к тому, что при коэффициенте приближения $l = 5$, вероятность попадания маркировки в область видимости видеосканера составила 98%, что свидетельствует о достоверности работы системы на данном этапе.

Оценка достоверности алгоритма точного наведения видеодатчика

Для оценки достоверности выделим следующие параметры:

1. Оценка вероятности успешного распознавания маркировки после выполнения этапа тонкого наведения (P_t) является отношением числа успешных распознаваний (r) к общему числу экспериментов (n)

$$P_t = \frac{r}{n} \quad (4.12)$$

2. Относительная погрешность вычисления углов наведения поворотного устройства $\delta(\alpha)$, $\delta(\beta)$ по отношению к значениям углов α_r, β_r , при которых видеосканер наведен на центр маркера, вычисляется по формулам 4.10, 4.11.

Входными параметрами эксперимента являются:

α_d – показания датчика о положении видеодатчика по горизонтали, в вольтах;

β_d – показания датчика о положении видеодатчика по вертикали, в вольтах;

s_d – показания датчика о масштабе изображения видеодатчика, в вольтах;

f_d – показания датчика о фокусном расстоянии видеодатчика, в вольтах.

l – коэффициент приближения видеосканера;

I – текущее изображение видеосканера.

На основе входных параметров вычисляются следующие характеристики:

- Текущее положение поворотного устройства по вертикали (α) по формуле (2.6) и горизонтали (β) по формуле (2.7).
- Текущее фокусное расстояние (f) по формуле (2.9) и масштаб изображения (s) видеосканера по формуле (2.10).
- Расстояние от видеосканера до маркировки (r), вычисляется по формуле (2.5).
- (x_m, y_m) - Координаты метки на изображении (I), вычисляются на основе формулы (2.1).
- Расчетный масштаб изображения (s) по формуле (2.12).
- Расчетное фокусное расстояние (f) по формуле (2.13).
- Строка маркировки (M) и вероятность успешного распознавания (p) по формуле (2.15).

Константами в условиях эксперимента являются:

$L_s = 5000$ мм. – длина сляба;

$d_y = 1200$ мм. – расстояние по длине, от края сляба до середины маркировки;

$H_s = 9800$ мм. – высота крепления видеодатчика над уровнем пола;

$W_m = 407$ мм. – длина маркировки;

$\alpha_v = 46.6$ – угол поля зрения видеодатчика.

Результаты экспериментального исследования сведены в таблицу 4.7 с реальными и полученными на выходе системы параметрами.

Таблица 4.5 – Реальные параметры, полученные в ходе эксперимента

№ <i>n</i>	x_r	z_r	r_r	α_r	β_r
1	3273,88	6267,01	7499,58	37,37	56,68
2	14181,05	4297,95	15027,46	10,00	16,62
3	4901,02	6266,35	8338,89	27,03	48,72
4	6905,61	3115,23	7977,60	19,90	22,99
5	14908,27	3130,60	15437,20	9,52	11,70
6	5499,54	3925,06	7204,24	24,45	33,01
7	4381,93	6319,63	8086,35	29,71	51,40
8	8138,89	6118,62	10484,71	17,08	35,70
9	17588,82	3173,30	18046,79	8,09	10,13
10	13328,60	3527,92	14012,41	10,62	14,58
11	5927,65	5617,88	8540,94	22,87	41,13
12	7635,00	4333,68	9128,20	18,13	28,34
13	13723,71	5376,47	14949,81	10,32	21,08
14	4752,21	3117,05	6208,82	27,75	30,13
15	6248,35	6240,98	9178,33	21,81	42,84
16	9343,11	5254,16	11006,81	14,98	28,51
17	15905,05	5064,62	16878,12	8,93	17,46
18	4919,51	6678,20	8663,13	26,94	50,43
-	-	-	-	-	-
100	14373,96	4159,04	15170,97	9,87	15,91

Таблица 4.6 – Параметры, вычисленные системой, полученные в ходе эксперимента

№ <i>n</i>	<i>x</i>	<i>z</i>	<i>r</i>	<i>s</i>	α	β	Попадание маркировки в область видимости видеосканера
1	3154,14	6581,74	7714,78	3,04	38,40	58,55	+
2	13789,05	4398,83	14688,01	5,79	10,28	17,43	+
3	4641,44	5921,13	7927,98	3,12	28,31	48,32	+
4	7507,30	3364,02	8598,03	3,39	18,42	23,03	+
5	15353,00	2846,41	15813,49	6,23	9,25	10,37	+
6	6104,85	3969,63	7699,16	3,03	22,27	31,04	+
7	3678,95	6443,28	7829,46	3,08	34,20	55,38	-
8	7432,97	6223,61	10011,61	3,94	18,59	38,44	+
9	17818,73	2926,20	18229,64	7,18	7,99	9,24	+
10	13095,93	3299,18	13734,55	5,41	10,81	13,90	+
11	6509,97	5798,37	9069,22	3,57	21,01	39,74	+
12	8081,86	4034,10	9372,32	3,69	17,19	25,49	+
13	14149,54	5652,18	15440,42	6,08	10,02	21,47	+
14	4597,69	3385,42	6232,96	2,46	28,54	32,90	+
15	6626,72	6265,40	9456,15	3,73	20,67	41,50	+
16	9535,14	4881,89	11000,08	4,33	14,69	26,35	+
17	15278,23	4907,86	16240,73	6,40	9,29	17,59	+
18	5517,56	6462,69	8857,76	3,49	24,38	46,85	-
19	8347,53	6859,74	11089,97	4,37	16,67	38,21	+
20	10577,52	4549,22	11782,59	4,64	13,30	22,71	+
21	10237,97	5473,06	11875,20	4,68	13,72	27,44	+
22	14257,10	4184,50	15067,35	5,94	9,95	16,12	+
23	13153,99	5139,89	14342,10	5,65	10,76	21,00	+
24	17218,14	5185,35	18154,95	7,15	8,26	16,60	+
-	-	-	-	-	-	-	
100	14257,10	4184,50	15067,35	5,94	9,95	16,12	+

Таблица 4.7 – Экспериментальные данные оценки этапа тонкого наведения

№ п	Реальные вычисления			Результаты работы системы				
	r_r	x_m	y_m	r	x_m	y_m	s	p
1	7499,58	764,13	120,46	7714,78	740,20	131,90	5,32	0,9151
2	15027,46	883,80	443,42	14688,01	941,89	454,75	11,57	0,9758
3	8338,89	437,03	612,30	7927,98	381,14	636,60	6,25	0,9371
4	7977,60	340,58	297,11	8598,03	299,96	338,35	6,77	0,9919
5	15437,20	1126,35	664,70	15813,49	1173,88	619,38	12,46	0,9434
6	7204,24	549,64	230,16	7699,16	609,80	238,97	6,07	0,9351
7	8086,35	405,34	260,04	7829,46	309,30	245,04	6,17	0,9124
8	10484,71	913,97	197,26	10011,61	859,83	243,58	7,89	0,9902
9	18046,79	419,10	171,23	18229,64	386,60	136,48	14,36	0,9002
10	14012,41	1167,69	114,75	13734,55	1171,81	149,98	10,82	0,9970
11	8540,94	761,64	129,51	9069,22	806,40	98,55	7,15	0,9314
12	9128,20	1170,84	427,42	9372,32	1074,50	401,74	7,38	0,9219
13	14949,81	1080,74	361,68	15440,42	1052,38	366,99	12,17	0,9268
14	6208,82	749,74	177,50	6232,96	699,41	174,80	4,91	0,9333
15	9178,33	943,91	215,41	9456,15	944,48	211,49	7,45	0,9347
16	11006,81	928,85	216,99	11000,08	990,87	222,77	8,67	0,9868
17	16878,12	451,81	330,62	16240,73	473,49	296,89	12,80	0,9617
18	8663,13	501,43	247,38	8857,76	401,91	216,06	6,98	0,9151
19	10639,44	470,43	670,67	11089,97	422,56	705,05	8,74	0,9662
20	12480,47	418,55	270,85	11782,59	437,40	246,52	9,28	0,9327
21	12458,96	834,70	258,99	11875,20	926,94	274,43	9,36	0,9711
22	15170,97	881,22	657,82	15067,35	874,86	669,29	11,87	0,9982
23	14696,06	335,18	537,24	14342,10	429,42	586,48	11,30	0,9572
24	18646,99	483,31	101,65	18154,95	459,80	112,04	13,59	0,9862
25	17484,20	523,80	625,55	17428,00	622,04	604,81	13,73	0,9593
-	-			-				
100	15170,97	646,49	143,72	15067,35	656,22	162,11	12,1	0,9534

В результате проведенных экспериментов было установлено, что вычисляемые системой значения соответствуют реальным в рамках установленной погрешности.

Так, средняя ошибка при вычислении расстояния от видеосканера до маркера составила 2,7%, при этом положение маркировки было вычислено со средней погрешностью 7,1% по горизонтали и 6,9% по вертикали.

Установив значение коэффициента приближения, равное $l = 5$, вероятность успешного распознавания маркировки составила 95,21%, что свидетельствует о достоверности работы системы на данном этапе.

Таким образом, методика автоматического обнаружения маркировки является достоверной в рамках приведенных экспериментальных данных.

4.3 Экспериментальное исследование работы построенной системы автоматической идентификации маркировки слябов

Экспериментальное исследование проводилось в целях сравнения оперативности и достоверности работы разработанной системы и ручного метода идентификации слябов.

Ручной метод идентификации слябов представляет собой процесс внесения в систему контроля предприятия данных о маркировке с помощью мобильного терминала. Мобильный терминал – это устройство, имеющее считыватель, способный к автоматическому занесению сведений о маркировке на расстоянии до 1 метра, и клавиатуру для ручного занесения информации в ситуациях, когда использование считывателя невозможно.

Описанный в параграфе 1.1 процесс транспортировки слябов состоит из нескольких этапов и имеет ряд факторов и особенностей, влияющих на достоверность и оперативность идентификации.

1. Этап разгрузки поступивших заготовок.
2. Этап транспортировки до участка резки.
3. Этап транспортировки на участок плавления.

Оценка работы системы на этапе разгрузки поступивших заготовок

На данном этапе передаточный кран разгружает прибывшие слябы из железнодорожного состава и распределяет на участке разгрузки для хранения. Этап имеет ряд факторов и особенностей, влияющих на достоверность и оперативность идентификации.

Факторы, влияющие на достоверность и оперативность идентификации на данном этапе:

- расстояние до идентифицируемого объекта (r);
- местоположение маркировки относительно движения от участка разгрузки до участка плавления (с двух сторон, с левой стороны, с правой стороны);
- освещенность (светлое время суток, темное время суток).

Особенности этапа:

- расстояние до идентифицируемого объекта может достигать до 3 м если положение маркировки слева, в связи с тем что железнодорожный состав находится на уровне кабины мостового крана. При положении маркировки справа, расстояние идентификации увеличивается до 20 м;
- нахождение человека на участке разгрузки недопустимо по технике безопасности. Персонал во время проведения разгрузки имеет право находиться только на специальных балконах;
- в условиях эксперимента и при дальнейшем использовании системы используется маркировки с высотой символов 10 см. При таких условиях человеческий глаз может достоверно распознать маркировку на расстоянии до 15 м в светлое время суток и до 12 м в темное, при включенном дополнительном освещении.

Результатами экспериментального исследования являются:

- достоверность идентификации. При «ручном» методе идентификации успешное распознавание обозначим (+), невозможность распознавания (–). При автоматическом методе идентификации для оценки достоверности используется

выходной параметр системы (p) – вероятность успешного распознавания.

Успешным считается вероятность, превышающая 85%;

– оперативность идентификации в секундах. Допустимое время распознавания по установленным требованиям – 15 с.

Результаты экспериментов приведены в таблице 4.8. По результатам составлены гистограммы достоверности и оперативности.

Таблица 4.8 – Экспериментальные исследования этапа при различных условиях

Условия эксперимента	Метод идентификации	Количество экспериментов в	Время идентификации, сек	Достоверность идентификации, %
светлое время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	10	99
	«Автоматический»	50	12	98
светлое время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	20	74
	«Автоматический»	50	14	97
светлое время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	10	99
	«Автоматический»	50	12	99
темное время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	12	98
	«Автоматический»	50	13	97
темное время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	25	60
	«Автоматический»	50	14	96
темное время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	12	98
	«Автоматический»	50	13	98

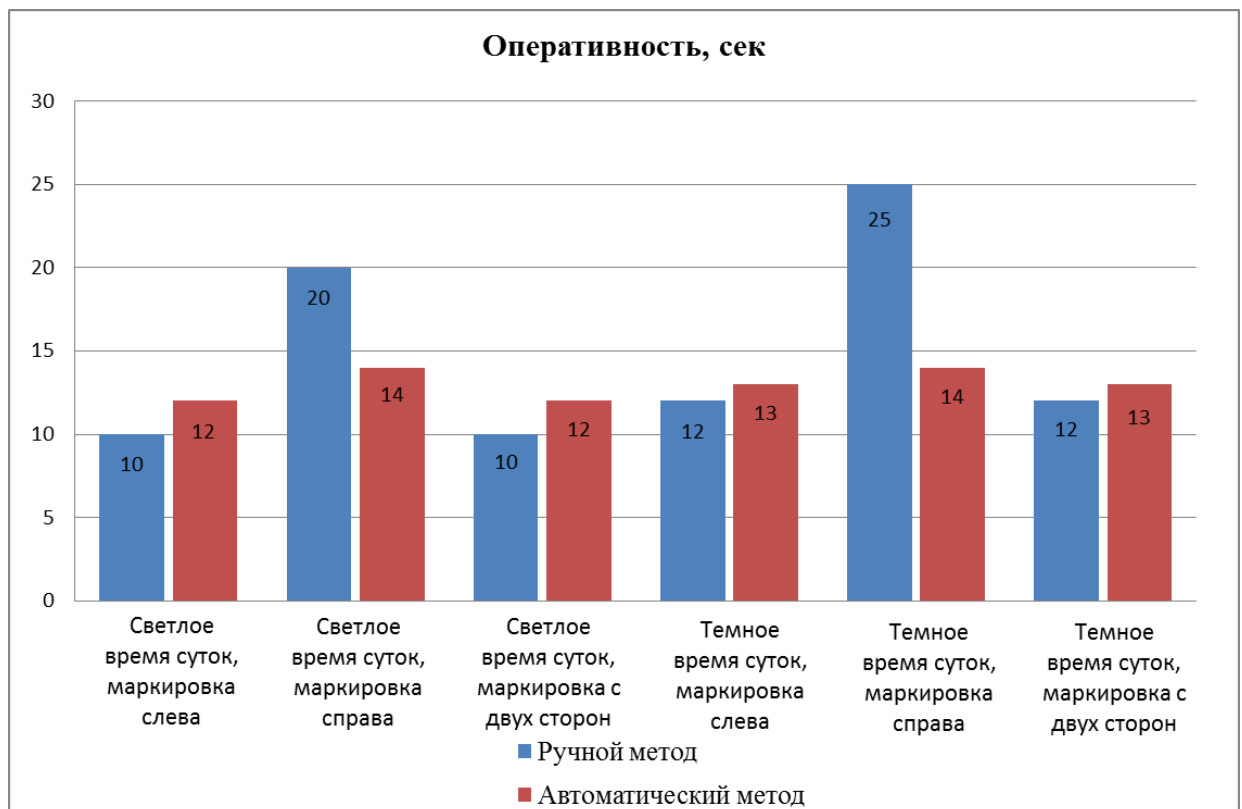
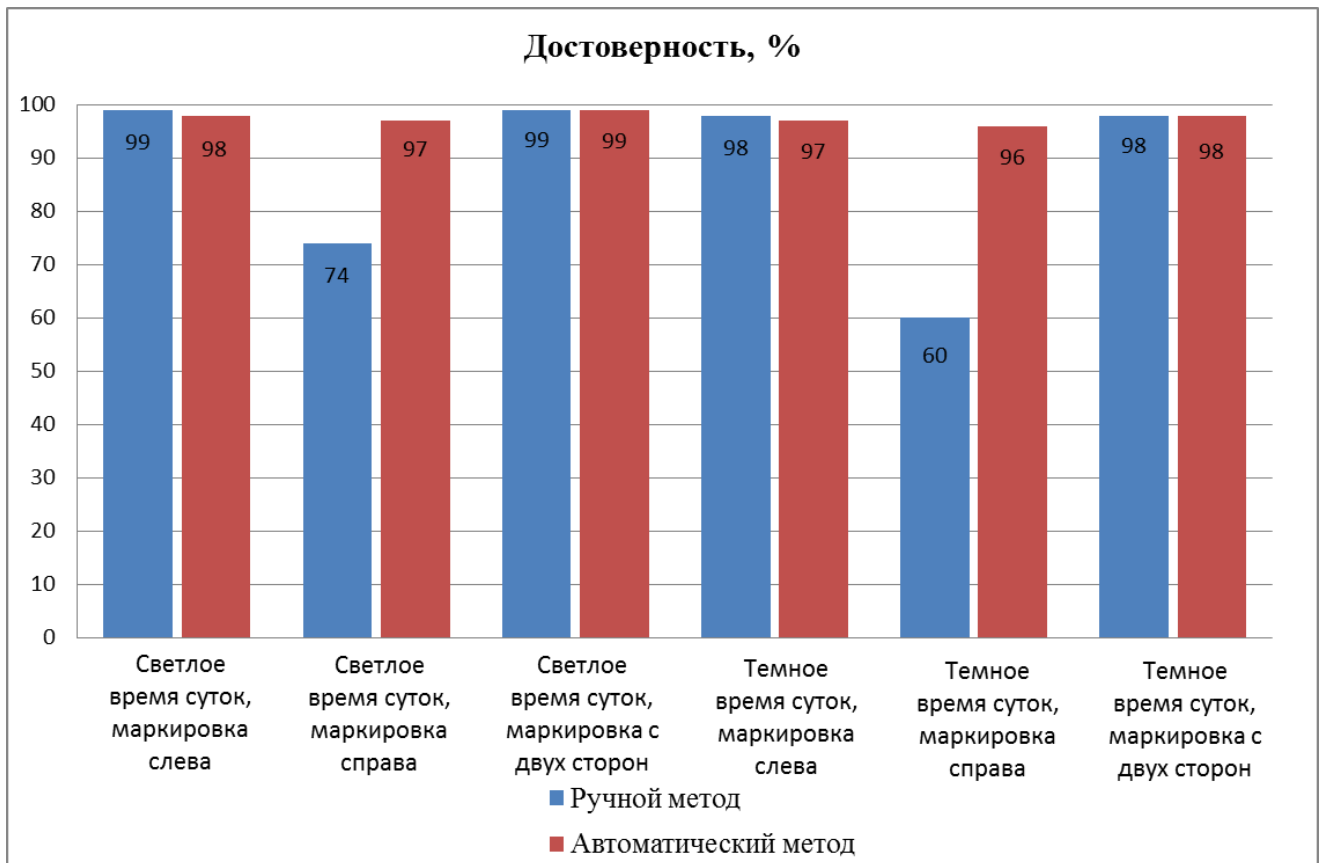


Рисунок 4.5 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях

В совокупности проведенных экспериментов достоверность идентификации «ручным» способом составила – 88%, оперативность – 16 с. Достоверность идентификации «автоматическим» способом составила – 98%, оперативность – 13 с (Рисунок 4.6).

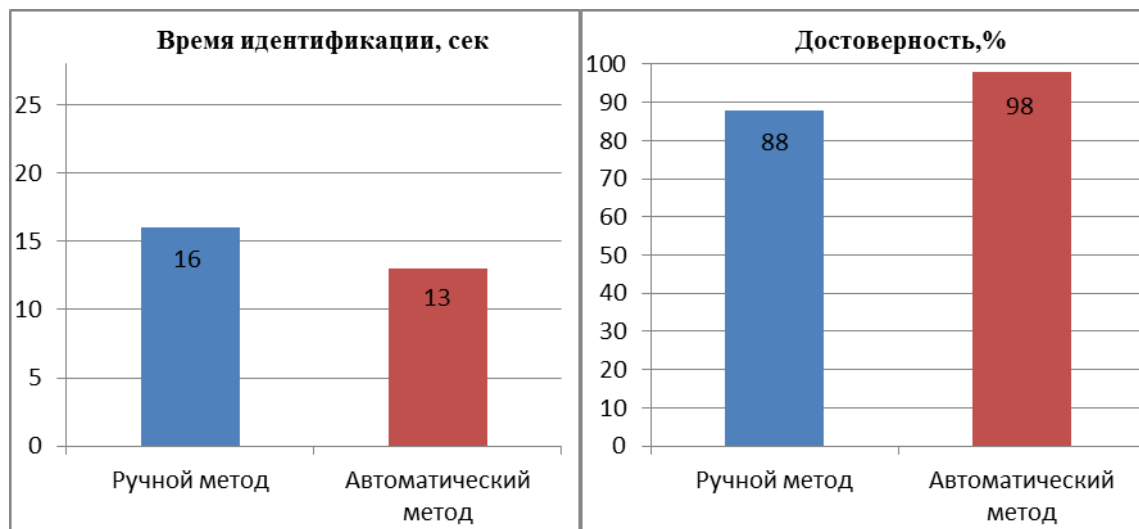


Рисунок 4.6 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов

На данном этапе в благоприятных условиях идентификации (хорошая освещенность, положение маркировки слева) «автоматический» метод частично уступает «ручному» по параметру оперативности, однако соответствует требованию к оперативности в 15 с. При проведении экспериментов в более тяжелых условиях «автоматический» метод идентификации показывает более приемлемые результаты. Нанесение маркировки с двух сторон изделия увеличивает достоверность идентификации по сравнению с односторонним расположением. Также не наблюдается резких скачков в падении достоверности и оперативности по сравнению с «ручным» методом.

Оценка работы системы на этапе транспортировки заготовок до участка резки

На данном этапе передаточный кран, получив задание от системы контроля заготовок, перемещает сляб, находящийся в зоне разгрузки и хранения, в область

резки. Этап имеет ряд факторов и особенностей, влияющих на достоверность и оперативность идентификации.

Факторы, влияющие на достоверность и оперативность идентификации на данном этапе:

- расстояние до идентифицируемого объекта(r);
- местоположение маркировки относительно движения от участка разгрузки до участка плавления (с двух сторон, с левой стороны, с правой стороны);
- освещенность (светлое время суток, темное время суток).

Особенности этапа:

- расстояние до идентифицируемого объекта может достигать от 5 до 25 м от кабины мостового крана;
- нахождение человека на участке транспортировки недопустимо по технике безопасности. Персонал во время проведения транспортировки имеет право находиться только на специальных балконах на уровне кабины крана;
- в условиях эксперимента и при дальнейшем использовании системы используется маркировки с высотой символов 10 см. При таких условиях человеческий глаз может достоверно распознать маркировку на расстоянии до 15 м в светлое время суток и до 12 м в темное, при включенном дополнительном освещении.

Результатами экспериментального исследования являются:

- достоверность идентификации. При «ручном» методе идентификации успешное распознавание обозначим (+), невозможность распознавания (–). При автоматическом методе идентификации для оценки достоверности используется выходной параметр системы (p) – вероятность успешного распознавания. Успешным считается вероятность, превышающая 85%;
- оперативность идентификации в секундах. Допустимое время распознавания по установленным требованиям – 15 с.

Результаты экспериментов сведены в таблицу 4.9. По результатам составлены гистограммы достоверности и оперативности.

Таблица 4.9 – Экспериментальные исследования этапа при различных условиях

Условия эксперимента	Метод идентификации	Количество экспериментов	Среднее время идентификации, сек	Достоверность идентификации, %
светлое время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	13	65
	«Автоматический»	50	12	98
светлое время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	25	64
	«Автоматический»	50	12	98
светлое время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	13	65
	«Автоматический»	50	12	99
темное время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	15	58
	«Автоматический»	50	13	97
темное время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	25	57
	«Автоматический»	50	14	96
темное время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	15	58
	«Автоматический»	50	12	99

В совокупности проведенных экспериментов достоверность идентификации «ручным» способом составила – 60%, оперативность – 18 с. Достоверность идентификации «автоматическим» способом составила – 98%, оперативность – 13 с (Рисунок 4.8).

На данном этапе автоматический метод маркировки удовлетворяет требованиям к оперативности в 15 с при любых условиях, в то время как ручной метод показывает превышение лимита при сложных условиях транспортировки. Это связано с увеличением дистанции транспортировки и как следствие затруднению идентификации ручным методом.

Нанесение маркировки с двух сторон изделия увеличивает достоверность идентификации автоматическим методом по сравнению с односторонним расположением. Также не наблюдается резких скачков в падении достоверности и

оперативности по сравнению с «ручным» методом с изменением условий транспортировки.

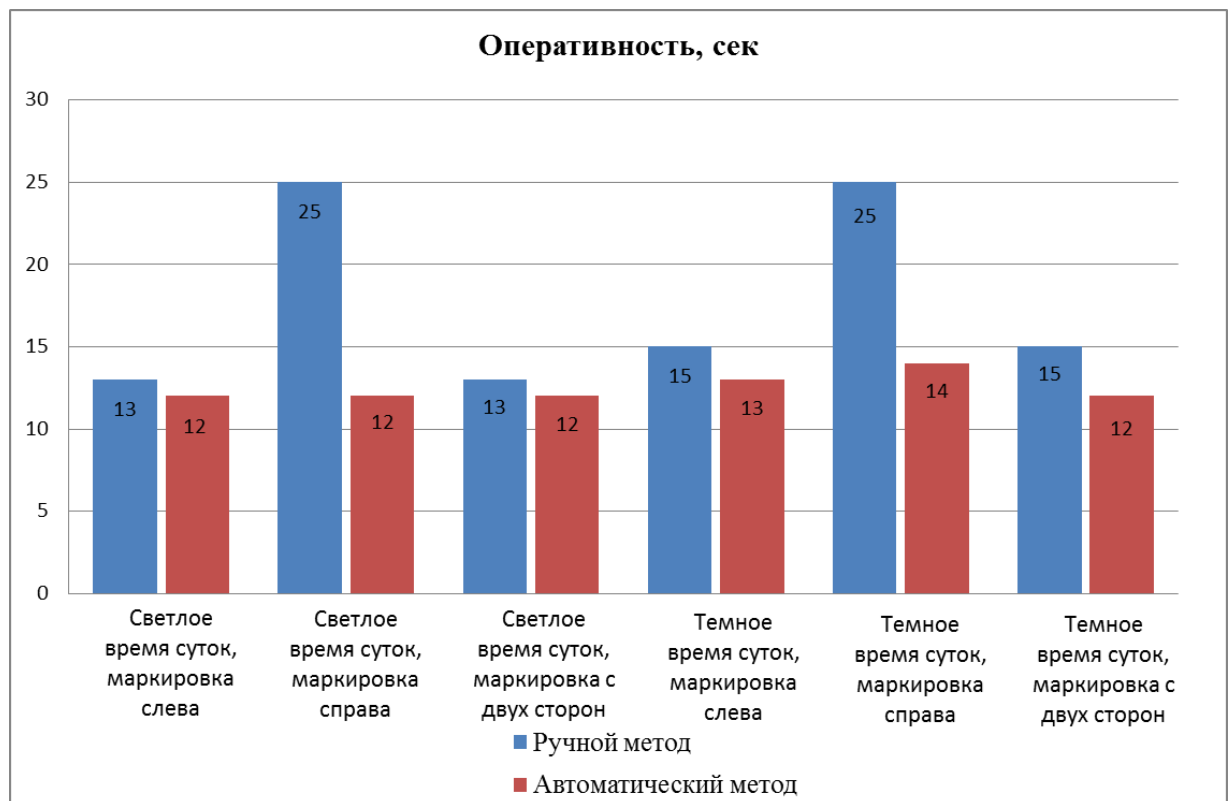
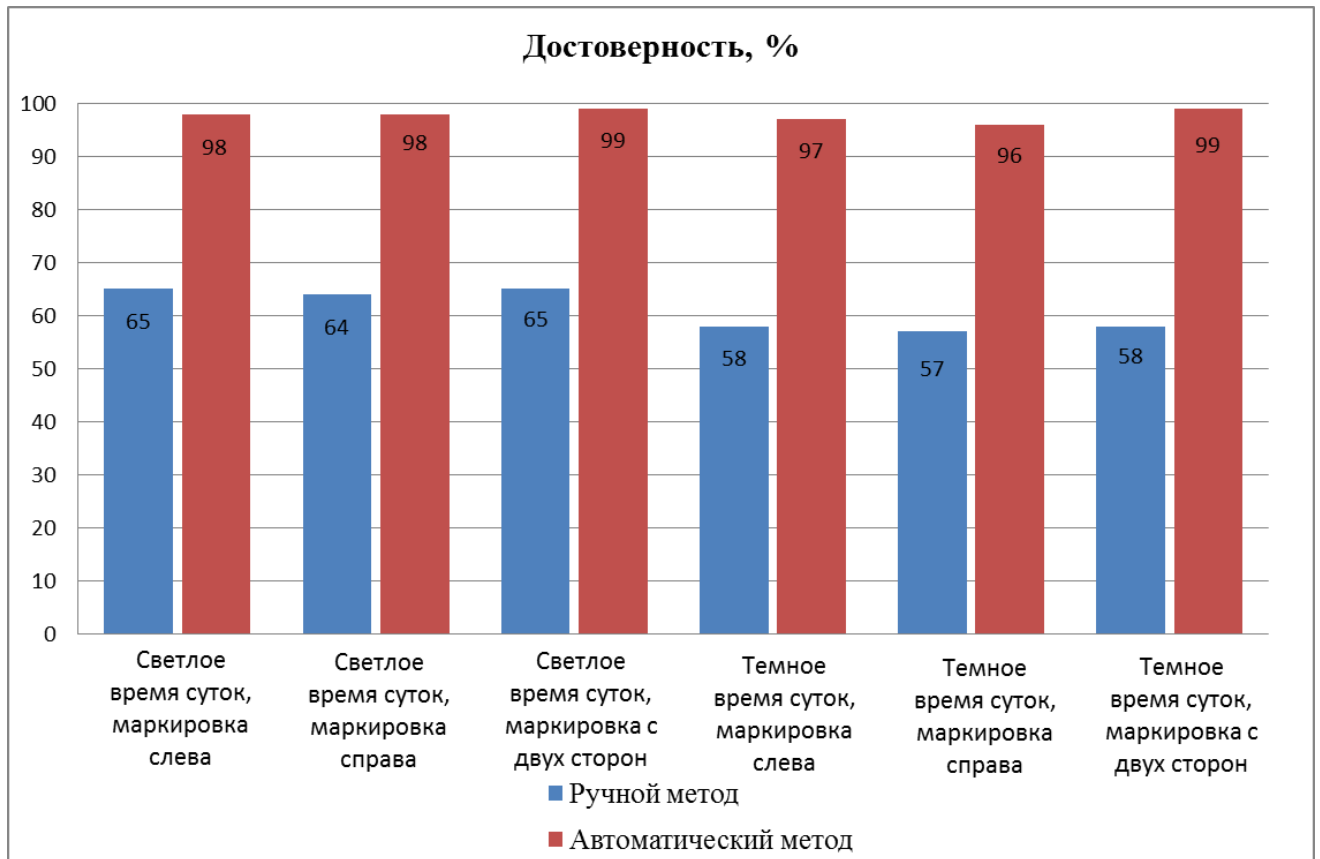


Рисунок 4.7 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях

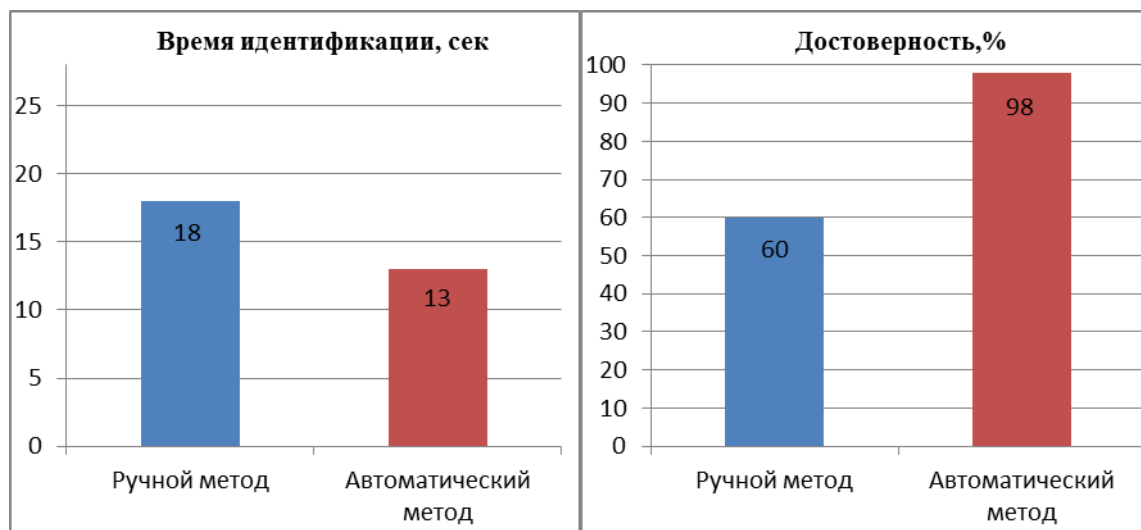


Рисунок 4.8 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов

Оценка работы системы на этапе транспортировки заготовок до участка плавления

На данном этапе передаточный кран, получив задание от системы контроля заготовок, перемещает сляб, находящийся в зоне разгрузки и хранения, в область плавления. Этап имеет ряд факторов и особенностей, влияющих на достоверность и оперативность идентификации.

Факторы, влияющие на достоверность и оперативность идентификации на данном этапе:

- расстояние до идентифицируемого объекта(r);
- местоположение маркировки относительно движения от участка разгрузки до участка плавления (с двух сторон, с левой стороны, с правой стороны);
- освещенность (светлое время суток, темное время суток).

Особенности этапа:

- расстояние до идентифицируемого объекта может достигать от 5 до 25 м от кабины мостового крана;
- нахождение человека на участке плавления недопустимо по технике безопасности. Персонал во время проведения транспортировки имеет право

находится только на специальных балконах, расположенных на уровне кабины крана. На участке плавления такие балконы отсутствуют;

– в условиях эксперимента и при дальнейшем использовании системы используется маркировки с высотой символов 10 см. При таких условиях человеческий глаз может достоверно распознать маркировку на расстоянии до 15 м в светлое время суток и до 12 м в темное, при включенном дополнительном освещении.

Результатами экспериментального исследования являются:

– достоверность идентификации. При «ручном» методе идентификации успешное распознавание обозначим (+), невозможность распознавания (–). При автоматическом методе идентификации для оценки достоверности используется выходной параметр системы (p) – вероятность успешного распознавания. Успешным считается вероятность, превышающая 85%;

– оперативность идентификации в секундах. Допустимое время распознавания по установленным требованиям – 15 с.

Результаты экспериментов сведены в таблицу 4.10. По результатам составлены гистограммы достоверности и оперативности.

В совокупности проведенных экспериментов достоверность идентификации «ручным» способом составила – 60%, оперативность – 18 с. Достоверность идентификации «автоматическим» способом составила – 98%, оперативность – 13 с (Рисунок 4.10).

На данном этапе автоматический метод маркировки удовлетворяет требованиям к оперативности в 15 с. при любых условиях, в то время как ручной метод показывает превышение лимита при сложных условиях транспортировки. Это связано с увеличением дистанции транспортировки, а также особыми требованиями к персоналу на участке плавления и как следствие затруднению идентификации ручным методом.

Таблица 4.10 – Экспериментальные исследования этапа при различных условиях

Условия эксперимента	метод идентификации	Количество экспериментов	Среднее время идентификации, сек	Достоверность идентификации, %
светлое время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	13	65
	«Автоматический»	50	12	98
светлое время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	25	64
	«Автоматический»	50	12	98
светлое время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	13	65
	«Автоматический»	50	12	99
темное время суток, маркировка слева	«Ручной»	50	15	58
	«Автоматический»	50	13	97
темное время суток, маркировка справа	«Ручной»	50	25	57
	«Автоматический»	50	14	96
темное время суток, маркировка с двух сторон	«Ручной»	50	15	58
	«Автоматический»	50	12	99

Нанесение маркировки с двух сторон изделия увеличивает достоверность идентификации автоматическим методом по сравнению с односторонним расположением. Также не наблюдается резких скачков в падении достоверности и оперативности по сравнению с «ручным» методом с изменением условий транспортировки.

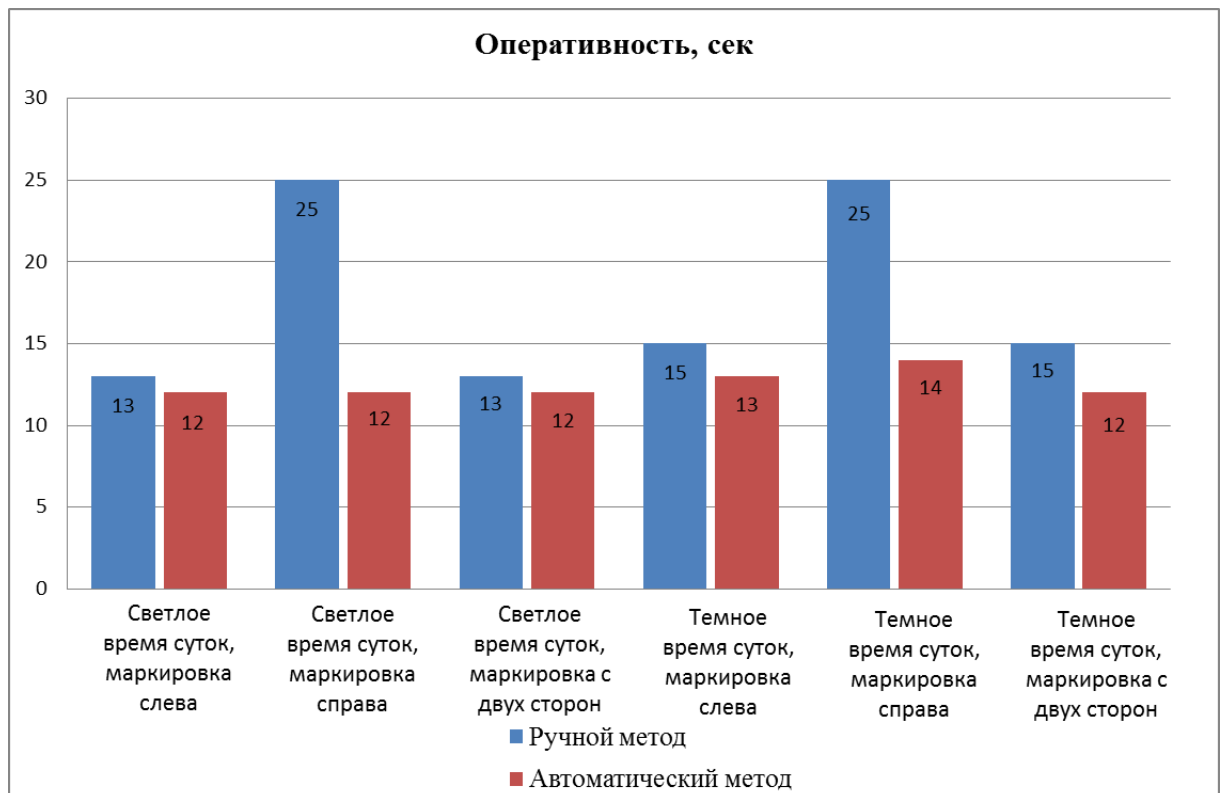
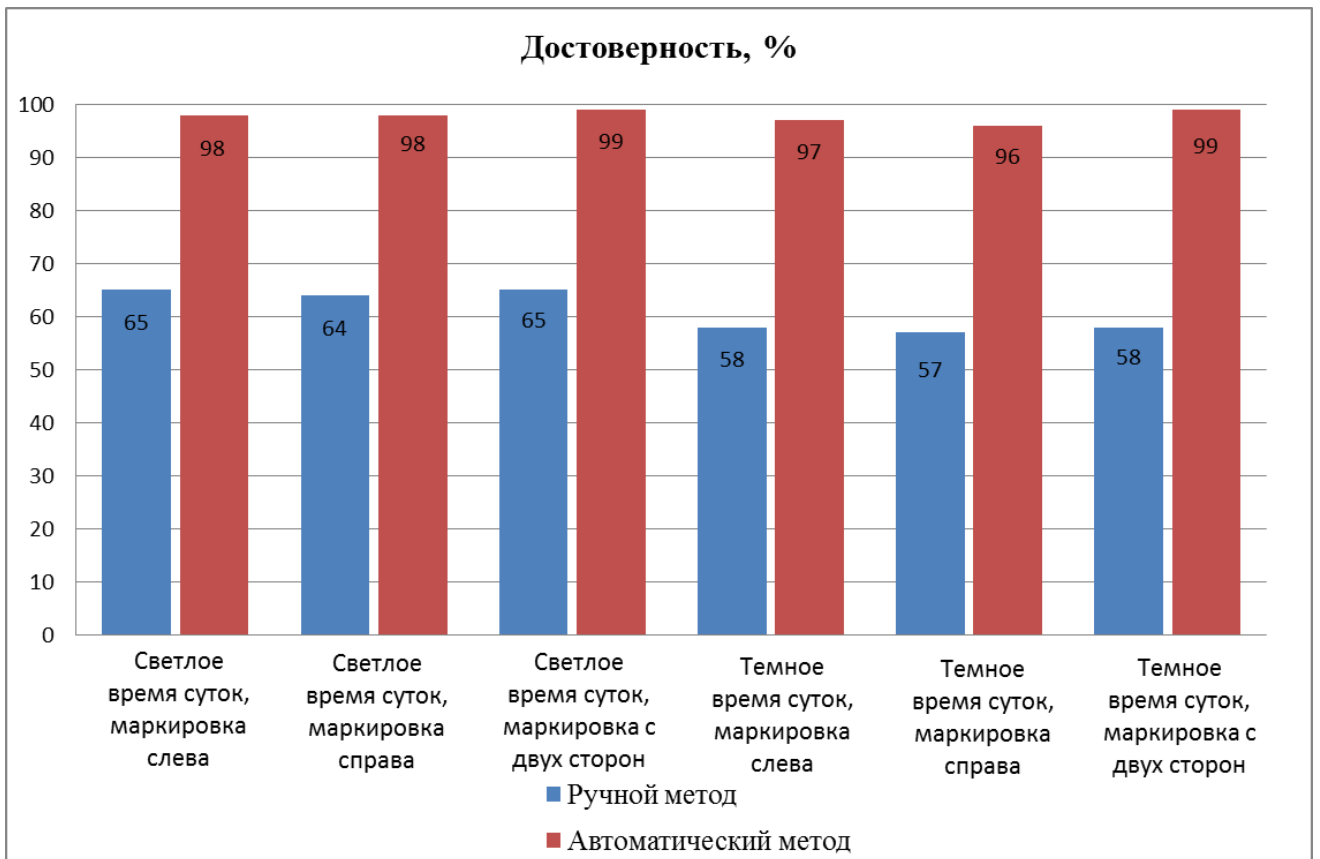


Рисунок 4.9 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях

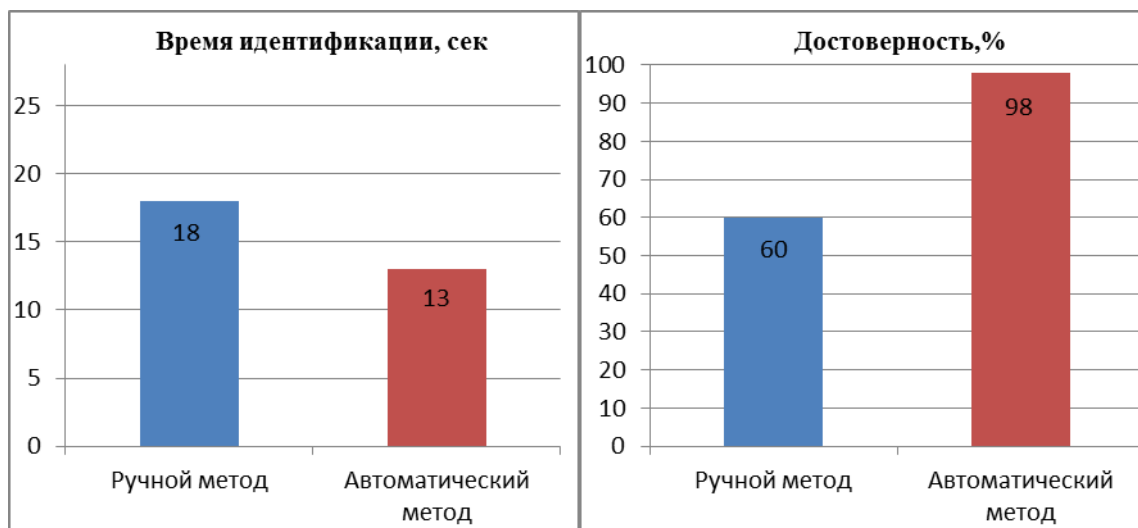


Рисунок 4.10 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов

Общая оценка экспериментальных исследований разработанной системы

В совокупности проведенных экспериментальных исследований на различных этапах транспортировки заготовок и различных усложняющих условиях были получены следующие результаты сравнения автоматического и ручного метода идентификации.

1. Достоверность идентификации «ручным» способом составила – 74%, оперативность – 16 с. Достоверность идентификации «автоматическим» способом составила – 98%, оперативность – 13 с (Рисунок 4.11).

2. Достоверность идентификации ручным способом значительно снижается при увеличении дистанции до объекта. Автоматический метод идентификации показывает приемлемые результаты при любой дальности нахождения объекта в рамках установленных требований.

3. Изменение освещенности в темное время суток сопровождается снижением оперативности ручным способом в среднем на 8% и достоверности на 7%. В то время как при автоматическом методе снижение оперативности и достоверности наблюдалось в рамках 2%.

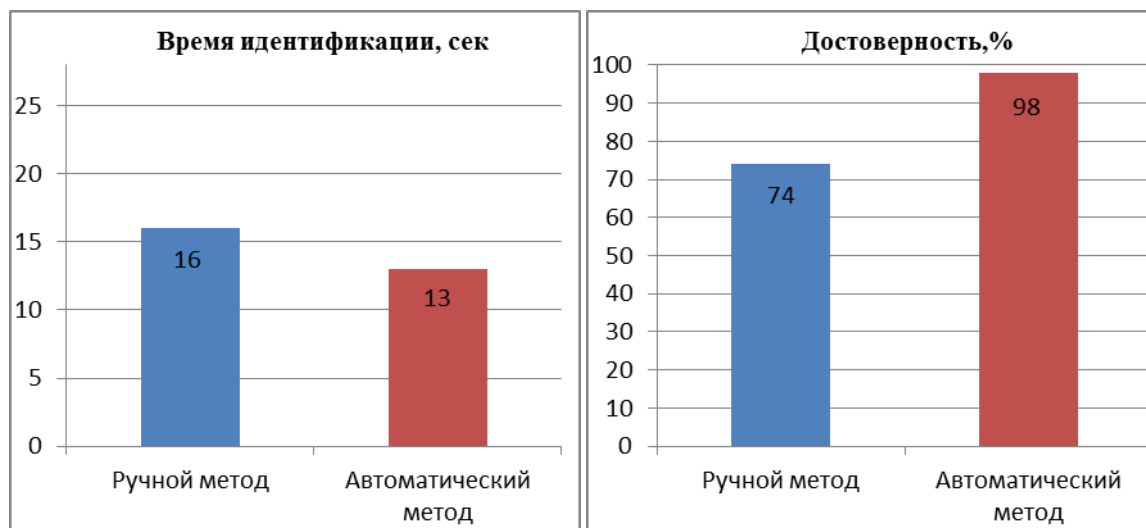


Рисунок 4.11 – Гистограммы достоверности и оперативности идентификации ручным и автоматическим способом в совокупности проведенных экспериментов

4. Использование маркировки с двух сторон изделия при автоматическом методе увеличивает оперативность идентификации в среднем на 6% и достоверность идентификации на 4%.

Таким образом, использование автоматического метода идентификации, применяемого в разработанной системе, показывает стабильные результаты в любых условиях эксперимента и соответствует предъявленным требованиям.

4.3 Выводы по 4-й главе

1. Проведена оценка адекватности математической модели «маркированное изделие – измерительная среда». Разработанная модель соответствует реальной системе на 95-99%, что соответствует требованиям достоверности.

2. Проведено исследование алгоритмов управления системой автоматической идентификации. По результатам проведенных исследований достоверность идентификации маркировки составила 96-98%.

3. Выполнено экспериментальное исследование разработанной системы, определяющее оперативность работы. Время идентификации составило от 10 до 14 с, что соответствует предъявленным требованиям к оперативности работы.

Заключение

Основные результаты, полученные в данной работе, сводятся к следующему:

1. Выполнен анализ особенностей процесса транспортировки слябов и системы управления технологическими процессами предприятия. Проведен анализ методов маркировки. Проанализированы методики и системы автоматической идентификации символьно-штрихового кода, основанные на использовании технического зрения. Выполнено описание комплекса технических средств для реализации системы автоматической идентификации маркировки слябов.

2. Разработана математическая модель системы «маркированное изделие – измерительная среда», отличающаяся использованием множества признаков с видео- и позиционных датчиков и позволяющая определить идентификационные данные о промышленной продукции на складе металлопрокатного комплекса.

3. Предложены алгоритмы автоматического наведения видеокамер, основанные на обработке данных с датчиков мостового крана, позволяющие достоверно локализовать изображение сляба и маркера на нем.

4. Разработан алгоритм управления системой автоматической идентификации, основанный на двухуровневом масштабировании и наведении видеодатчиков и обеспечивающий оперативный контроль движения слябов.

5. Разработана система автоматической идентификации маркировки слябов, основанная на разработанных алгоритмах обнаружения маркировки, обеспечивающая идентификацию и оперативный контроль металлопрокатных заготовок в процессе движения.

6. Проведена оценка адекватности математической модели «маркированное изделие – измерительная среда». Разработанная модель

соответствует реальной системе на 95-99%, что отвечает требованиям достоверности.

7. Проведено исследование алгоритма управления системой автоматической идентификации. По результатам проведенных исследований достоверность локализации маркировки составила 96-98%.

8. Выполнено экспериментальное исследование разработанной системы, определяющее оперативность идентификации слябов. Время идентификации составило от 10 до 14 секунд, что соответствует предъявленным требованиям к оперативности работы.

9. Результаты проведенных в работе исследований внедрены на промышленном предприятии для контроля движения изделий на складе слябов и заготовок.

Список сокращений и условных обозначений

МИ (филиал) ВлГУ	– Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
ВМЗ	– Выксунский металлургический завод
ЭВС	– электронно-вычислительные средства
ВАК	– Высшая аттестационная комиссия
ЭВМ	– электронно-вычислительная машина
СТЗ	– система технического зрения
САИ	– система автоматической идентификации
САУ	– система автоматического управления
САИМ	– система автоматической идентификации маркировки
АСУ	– автоматизированная система управления
АСУТП	– автоматизированная система управления технологическим процессом
PPS	– система планирования производства
ERP	– система планирования ресурсов
RFID	– Radio Frequency IDentification
ТУ	– технические условия
ТЗ	– техническое задание
ИУ	– измерительное устройство
БУ	– блок управления

Список литературы

1. Абузова, И. В. Сканирующие системы с повышенным разрешением [Текст] / И. В. Абузова, В. М. Игнатъев, Е. В. Ларкин. – Тула: ТулГУ, 1996. – 88 с.
2. Авдеев Б. Я. Адаптивные телеизмерительные системы [Текст] / Б. Я. Авдеев, Е. М. Антонюк, С. Н. Долинов. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 248 с.
3. Астафьев, А. В. Реализация и применение алгоритма цифровой локализации изображений символьных меток на основе анализа скорости изменения яркости [Текст] / А. В. Астафьев, А. А. Орлов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
4. Алиев, Р. А. Производственные системы с искусственным интеллектом [Текст] / Р. А. Алиев, Н. М. Абдикеев, М. М. Шахназаров. – М.: Радио и связь, 1990. 264 с.
5. Алиев, Р. А. Управление производством при нечеткой исходной информации [Текст] / Р. А. Алиев, А. Э. Церковный, Г. А. Мамедов – М.: Энергоатомизд, 1991 – 240 с.
6. Алпатов, Б. А. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление [Текст] / Б. А. Алпатов, П. В. Бабаян, О. Е. Балашов, А. И. Степашкин. – М.: Радиотехника, 2008. – 176 с.
7. Андреев, В. П. Система технического зрения, использующая свойства зрения человека для борьбы с геометрическим шумом [Текст] / В. П. Андреев // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – № 9. – С.50.
8. Андриянов, А. В. Цифровая обработка информации в измерительных приборах и системах [Текст] / А. В. Андриянов, И. И. Шпак. – Минск: Высшая школа, 1987. – 176 с.
9. Ахо, А. В. Структуры данных и алгоритмы [Текст] / А. В. Ахо, Д. Э. Хопкрофт, Д. Д. Ульман. – М.: «Вильямс», 2001. – 384 с.

10. Бобырь, М. В. Анализ методов автоматизации управления высокой точностью технологических процессов [Текст] / М. В. Бобырь, В. С. Титов, А. В. Беседин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2003. – № 7. – С. 29–32.
11. Бобырь М. В. Система лазерного контроля обработки деталей в реальном времени [Текст] / М. В. Бобырь, В. С. Титов, Н. А. Милостная // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – № 11. – С. 21–25.
12. Бобырь М. В. Статистический анализ точности обработки деталей [Текст] / М. В. Бобырь, В. С. Титов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 7. – С. 31-34.
13. Бондаренко, А. В. Телевизионная видеокамера с цифровой обработкой в реальном времени [Текст] / А. В. Бондаренко, И. В. Докучаев, М. Г. Князев // Современ. электроника. – 2006. – № 3. – С. 50.
14. Бочаров, Ю. А. Промышленные роботы в технологии современного машиностроительного производства [Текст] / Ю. А. Бочаров // Средства и системы оучувствления промышленных роботов. – 1984. – С. 30–35.
15. Брюханов, В. Н. Автоматизация производства [Текст] / В. Н. Брюханов, А. Г. Схиртладзе, В. П. Вороненко. – М.: Высшая школа, 2005. – 368 с.
16. Бхуптани, М. RFID-технологии на службе вашего бизнеса [Текст] / М. Бхуптани, Ш. Морадпур. – М.: Альпина Паблишер, 2007. – 290 с.
17. Вакунов, Н. В. Разработка и исследование многомасштабных алгоритмов обработки и анализа изображений в производственных системах контроля качества [Текст] / Вакунов, Н. В. – Автореф. канд. техн. наук. Владимир, ВлГУ, 2005. – 18 с.
18. Васильев, В. И. Распознающие системы [Текст] / В. И. Васильев. – Киев: Наукова думка, 1983. – 422 с.
19. Гвоздева, В. А. Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы [Текст] / В. А. Гвоздева. – М.: Форум, Инфра-М, 2011. – 544 с.
20. Гвоздева, Т. В. Проектирование информационных систем [Текст] / Т. В. Гвоздева, Б. А. Баллод. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 512 с.

21. Генкин, В. Л. Системы распознавания автоматизированных производств [Текст] / В. Л. Генкин, И. Л. Ерощ, Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1988. – 246 с.
22. Горский, Ю. М. Системно-информационный анализ процессов управления [Текст] / Ю. М. Горский. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. – 1988.
23. Гринберг, А. С. Информационные технологии управления [Текст] / А. С. Гринберг, Н. Н. Горбачев, А. С. Бондаренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008.
24. Гусятников, В. Н. Стандартизация и разработка программных систем [Текст] / В. Н. Гусятников, А. И. Безруков. – М.: Финансы и статистика, Инфра-М, 2010. – 288 с.
25. Девятков, В. В. Системы искусственного интеллекта [Текст] / В. В. Девятков. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 352 с.
26. Емельянов, С. В. Методы идентификации промышленных объектов в системах управления: монография [Текст] / С. В. Емельянов, С. К. Коровин, А. А. Ивушкин: под ред. Л. П. Мышляева. – Кемерово: Кузбасс Вуиздат, 2007. – 330 с.
27. Емельянова, Н. З. Проектирование информационных систем [Текст] / Н. З. Емельянова, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. – М.: Форум, 2009. – 432 с.
28. Ершов, Е. В. Математическое и программное обеспечение оптико-электронной системы управления процессом спекания шихты на агломерационной машине конвейерного типа [Текст] / Е. В. Ершов – Череповец: ЧВИИРЭ, 2002. – 128с.
29. Загоруйко, Н. Г. Методы распознавания и их применение [Текст] / Н. Г. Загоруйко. – М.: «Советское радио», 1972. – 208 с.
30. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств [Текст] / А. А. Иванов. – М.: Форум, 2011. – 224 с.
31. Ицкович, Э. Л. Методы рациональной автоматизации производства [Текст] / Э. Л. Ицкович. – М.: Инфра-Инженерия, 2009. – 256 с.

32. Кангин, В. В. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры [Текст] / В. В. Кангин, В. Н. Козлов. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2010. – 424 с.
33. Кий, К. И. Автоматическая система реального времени для обнаружения объектов и ориентиров на изображении, основанная на обработке цветных изображений [Текст] / К. И. Кий // Техн. зрение в системах управления мобильными объектами-2010. – 2011. – С. 268–276 .
34. Ким, Н. В. Обработка и анализ изображений в системах технического зрения [Текст] / Н. В. Ким. – М.: МАИ, 2001.
35. Клевалин, В. А. Цифровые методы распознавания в системах технического зрения промышленных роботов [Текст] / В. А. Клевалин, А. Ю. Поливанов // Мехатроника, Автоматизация, Управление. – 2008. – № 5. – С. 56.
36. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms [Текст]: пер. с англ. / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест ; под ред. А. Шеня. – М.: МЦНМО, 2000. – 960 с.
37. Костров, А. В. Основы информационного менеджмента [Текст] / А. В. Костров. – 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Финансы и статистика, 2009. – 528 с.
38. Костров, А. В. Подход к организации управления сложными системами [Текст] / А. В. Костров, О. С. Коротева // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2010. – № 15. – С. 80–84.
39. Костров, А. В. Эффективность использования ресурсов информационной системы [Текст] / А. В. Костров // Методы и устройства передачи и обработки информации. – 2003. – № 3. – С. 272–282.
40. Кориков, А. М. Корреляционные зрительные системы роботов [Текст] / А. М. Кориков, В. И. Сверямкин, В. С. Титов. – Томск: Радио и связь, 1990. – 264 с.
41. Краснов, А. Е. Цифровые системы управления в пищевой промышленности [Текст] / А. Е. Краснов, Л. А. Злобин, Д. Л. Злобин. – М.: Высшая школа, 2007. – 672 с.

42. Криницкий, Н. А. Автоматизированные информационные системы [Текст] / Н. А. Криницкий, Г. А. Миронов, Г. Д. Фролов. – М.: Гл. ред. физико-математической литературы издательства "Наука", 1982. – 380 с.
43. Лебедевский, А. И. Автоматизация в промышленности [Текст] / А. И. Лебедевский, А. И. Федотов. Л.: Лениздат, 1976. – 254 с.
44. Лорьер, Ж. Л. Системы искусственного интеллекта [Текст] / Ж. Л. Лорьер. – М.: Мир, 1991. – 568 с.
45. Маглинец, Ю. А. Анализ требований к автоматизированным информационным системам [Текст] / Ю. А. Маглинец. – М.: Интернет-университет информационных технологий, Бином. Лаборатория знаний, 2008. – 200 с.
46. Максимов, Н. В. Современные информационные технологии [Текст] / Н. В. Максимов, Т. Л. Партыка, И. И. Попов. – М.: Форум, 2012. – 512 с.
47. Мартин, Д. Планирование развития автоматизированных систем [Текст] / Д. Мартин. – М.: Финансы и статистика, 1984. – 196 с.
48. Марчук Г. И. Адаптивная АСУ производством [Текст] / Г. И. Марчук, А. Г. Аганбегян, И. М. Бобко. – М.: Статистика, 1981. – 176 с.
49. Мезенцев, К. Н. Автоматизированные информационные системы [Текст] / К. Н. Мезенцев. – М.: Академия, 2012. – 174 с.
50. Мельников, В. П. Информационное обеспечение систем управления [Текст] / В. П. Мельников. – М.: Академия, 2010. – 336 с.
51. Меньков, А. В. Теоретические основы автоматизированного управления [Текст] / А. В. Меньков, В. А. Острейковский. – М.: Оникс, 2005. – 640 с.
52. Мещеряков В. А. Алгоритм функционирования адаптивной системы нейро-нечеткого управления рабочим процессом стрелового крана [Текст] // Автоматизация в промышленности / В. А. Мещеряков, И. В. Денисов. – 2011. № 201105. – С. 54–57.
53. Месарович, М. Общая теория систем: математические основы [Текст] / М. Месарович, Я. Такахара. – М.: Мир, 1978.

54. Михалевич, В. С. Оптимизационные задачи производственно-транспортного планирования [Текст] / В. С. Михалевич, В. А. Трубин, Н. З. Шор // Модели, методы, алгоритмы. – М.: Наука, 1986. – 264 с.
55. Моисеев, Н. Н. Математические задачи системного анализа [Текст] / Н. Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981.
56. Нильсон, Н. Принципы искусственного интеллекта [Текст] / Н. Нильсон. – М.: Радио и связь, 1985. – 376 с.
57. Писаревский, А. А. Системы технического зрения (принципиальные основы, аппаратное и математическое обеспечение) [Текст] / А. А. Писаревский. – Л.: Машиностроение, 1988. – 424 с.
58. Провоторов, А. В. Методика поэтапного обнаружения маркировки слябов [Электронный ресурс] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/pdf/2012/6/522.pdf>.
59. Провоторов, А. В. Разработка методики и системы автоматической идентификации промышленной продукции на основе анализа изображений с управляемых видеодатчиков [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Ползуновский вестник. – 2012. – № 2/1. – С. 67–69.
60. Провоторов, А. В. Методика и алгоритмы автоматической двухэтапной видеоидентификации металлопрокатных заготовок [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Автоматизация в промышленности. – 2013. – № 10. – С. 53–57.
61. Провоторов, А. В. Программная реализация системы автоматической идентификации слябов [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Программные продукты и системы. – 2013. – № 4. – С. 175–179.
62. Провоторов, А. В. Системный анализ методов маркировки промышленных изделий [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2010. – № 15. – С. 136–140.

63. Провоторов, А. В. Особенности автоматической идентификации трубопроводной продукции [Текст] / А. В. Провоторов // Алгоритмы, методы и системы обработки данных. – 2011. – № 16. – С. 22–25.

64. Провоторов, А. В. Анализ визуальных систем мониторинга производственного процесса на промышленных предприятиях [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Вестник НГУЭУ. – 2011. – № 1. – С. 13–15.

65. Провоторов, А. В. Разработка методики автоматической идентификации промышленных изделий на основе анализа методов маркировки [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Молодой ученый. – 2011. – № 1. – С. 132–134.

66. Провоторов, А. В. Автоматический контроль продукции металлопрокатного комплекса на основе системы распознавания изображений маркеров [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Труды 13-й международной конференции «Цифровая обработка сигналов и её применение» (DSPA'2012), т. 2. – М. – 2012. – С. 281–285.

67. Провоторов, А. В. Разработка системы автоматической идентификации маркировки для отслеживания движения слябов [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Материалы конференции «Измерение, контроль, информатизация» (ИКИ - 2012). – Барнаул. – 2012. – С. 38–43.

68. Провоторов, А. В. Разработка системы автоматической идентификации слябов на основе анализа изображений с видеодактиков [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Материалы конференции «Техническое зрение в системах управления». – М. – 2013. – С. 14–17.

69. Провоторов, А. В. Обзор технологий и методов маркировки и идентификации трубопроводных изделий [Текст] / А. В. Провоторов, А. В. Астафьев // Материалы VII международной научной конференции «Современные исследования и развитие». – София. – 2011. – С. 48–52.

70. Провоторов, А. В. Адаптация технологии автоматической идентификации промышленных изделий для производства трубопроводной

продукции [Текст] / А. В. Провоторов, А. В. Астафьев // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий». – Новосибирск. – 2011. – С. 130–135.

71. Провоторов, А. В. Системный анализ технологий и систем идентификации трубопроводной продукции по маркеру в условиях промышленного производства [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов, А. В. Астафьев // Материалы VIII научно-практической конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики». – Тольятти. – 2011. – С. 187–195.

72. Провоторов, А. В. Решение задачи автоматической идентификации слябов на основе анализа изображения с видеокамер [Текст] / А. В. Провоторов, А. А. Орлов // Материалы XI научно-технической конференции «Распознавание 2013». – Курск. – 2013. – С. 354–356.

73. Пупков, К. А. Интеллектуальные системы [Текст] / К. А. Пупков, В. Г. Коньков. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 345 с.

74. Радченко, С. Ю. Анализ автоматизированных систем управления многофакторными процессами [Текст] / С. Ю. Радченко, А. Ю. Мельников. – 2011. – 7 с.

75. Рассел, С. Искусственный интеллект. Современный подход [Текст] / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.

76. Растрингин, Л. А. Адаптация сложных систем [Текст] / Л. А. Растрингин. – Рига: Знание, 1981. – 375 с.

77. Растрингин, Л. А. Современные принципы управления сложными объектами [Текст] / Л. А. Растрингин. – М.: Сов. Радио, 1980. – 232 с.

78. Решетников, И. С. Автоматизация производственной деятельности газотранспортной компании [Текст] / И. С. Решетников. – М.: Нефтегазсофтсервис, НГСС, 2011. – 116 с.

79. Ротштейн, А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети [Текст] / А. П. Ротштейн. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.

80. Рубанов, В. Г. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах [Текст] / В. Г. Рубанов, А. Г. Филатов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. Шухова, 2005. – 171 с.
81. Савельев, М. В. Конструкторско-технологическое обеспечение производства ЭВМ [Текст] / М. В. Савельев. – М.: Высшая школа, 2001. – 320 с.
82. Садыков, С. С. Методы и алгоритмы выделения признаков объектов в системах технического зрения [Текст] / С. С. Садыков, Н. Н. Стулов – М.: Горячая линия–Телеком, 2005. – 204 с.
83. Сальников, И. И. Анализ пространственно-временных параметров удаленных объектов в информационных технических системах [Текст] / И. И. Сальников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. – 252 с.
84. Селевцов, Л. И. Автоматизация технологических процессов [Текст] / Л. И. Селевцов, А. Л. Селевцов. – М.: Академия, 2012. – 352 с.
85. Смоленцев, В. П. Управление системами и процессами [Текст] / В. П. Смоленцев, В. П. Мельников, А. Г. Схиртладзе. – М.: Академия, 2010. – 336 с.
86. Соломенцев, Ю. М. Теория автоматического управления [Текст] / Ю. М. Соломенцев. – М.: Высшая школа, 2000. – 270 с.
87. Соломенцев, Ю. М. Адаптивное управление технологическими процессами [Текст] / Ю. М. Соломенцев. – М.: Машиностроение, 1980. – 536 с.
88. Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов [Текст] / А. А. Спиридонов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
89. Стародубов, Д. Н. Комплекс программ обработки и анализа изображения объектов в системах технического зрения [Текст] / Д. Н. Стародубов, Н. Н. Стулов // Программные продукты и системы. – 2006.
90. Схиртладзе, А. Г. Технологические процессы автоматизированного производства [Текст] / А. Г. Схиртладзе, А. В. Скворцов. – М.: Академия, 2011. – 400 с.

91. Сырямкин, В. И. Системы технического зрения: справочник [Текст] / В. И. Сырямкин, В. С. Титов, Ю. Г. Якушенков: под общ. ред. В. И. Сырямкина, В. С. Титова. – Томск: МГП "РАСКО", 1993. – 367 с.
92. Титов, В. С. Моделирование технического зрения промышленных роботов [Текст] / В. С. Титов, В. А. Колодин, В. А. Кукин. – Томск: Изд-во Том. Ун-та, 1989. – 113 с.
93. Титов, В. С. Распознавание контуров деталей на основе использования лазерных преобразователей информации [Текст] / В. С. Титов, М.В. Бобырь, Н. А. Милостная // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2007. – № 3. – С. 22–25.
94. Титов, В. С. Разработка систем технического зрения и их применение в промышленности [Текст] / В. С. Титов / Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции. – Ижевск. – 1988. – С. 67.
95. Титов, В. С. Автоматизированная система контроля на основе ультразвуковых датчиков [Текст] / В. С. Титов, М. В. Бобырь, В. И. Иванов // Датчики и системы. – 2007. – № 7. – С. 7–9.
96. Техническое зрение роботов [Текст] / В. И. Мошкин, А. А. Петров, В. С. Титов. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
97. Форсайт, Д. Компьютерное зрение. Современный подход [Текст] / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М.: Изд. дом Вильямс, 2004.
98. Фуфаев, Д. Э. Разработка и эксплуатация автоматизированных информационных систем [Текст] / Д. Э. Фуфаев, Э. В. Фуфаев. – М.: Академия, 2010. – 304 с.
99. Цыпкин, Я. З. Основы теории автоматических систем [Текст] / Я. З. Цыпкин. – М., Наука, 1977. – 560 с.
100. Черепашков, А. А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении [Текст] / А. А. Черепашков, Н. В. Носов. – Харьков: ИнФолио, 2009. – 642 с.
101. Шапиро, Л. Компьютерное зрение [Текст] / Л. Шапиро, Дж. Стокмап. – пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

102. Шишмарев, В. Ю. Автоматизация технологических процессов [Текст] / В. Ю. Шишмарев. – М.: Академия, 2012. – 352 с.
103. Шпилевая, О. Я. Оптимальные и адаптивные системы управления [Текст] / О. Я. Шпилевая. – Новосибирск: НГТУ, 2006. – 43с.
104. Яковлев С. П. Применение математической статистики и теории планирования эксперимента в обработке металлов давлением [Текст] / С. П.Яковлев, В. Г. Григорович. – Тула: Изд-во ТПИ, 1980. – 80 с.
105. Anagnostopoulos, C. N. License plate recognition algorithm for Intelligent Transport applications [Текст] / I. Anagnostopoulos, V. Loumos, E. A.Kayafas, // IEEE Transaction on Intelligent Transport Systems. – 2009.
106. Anagnostopoulos, C. N. License plate recognition from still images and video sequences [Текст] / I. E. Anagnostopoulos, I. D.Psoroulas // IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems. – 2008. – P. 377–391.
107. Aluze, D. Vision system for defect imaging, detection, and characterization on a specular surface of a 3D object [Текст] / D. Aluze, F. Merienne, C. Dumont, P. Gorria // Image Vision Comput. – 2002. – N 20. – P. 569–580.
108. Angella, F. Optimal Deployment of Cameras for Video Surveillance Systems [Текст] / F. Angella, L. Reithler, F. Gallesio // IEEE Conf. on Advanced Video and Signal Based Surveillance. – 2007.
109. Arnould, S. Remote bar-code localization using mathematical morphology [Текст] / S. Arnould, G. J. Awcock, R. Thomasm // Image Processing and its Applications. – 1999. – P. 642–646.
110. Bien, Z. Development of a well structured industrial vision system [Текст] // Z. Bien, S-R Oh, J Won / Proceedings of 16th annual IEEE conference of the industrial electronics society. – 2009. – N1. – P. 501–506.
111. Byfield, Ian. Developments in RFID [Текст] / Ian Byfield // Sensor Review 16. – 1996.
112. Cao, G. An adaptive approach to vehicle license plate localization [Текст] / G. Cao, J. Chen, J. Jiang // Proc. 29th Annu. Conf. IECON. – 2003. – P. 1786–1791.

113. Chen, I.-H. Efficient vision-based calibration for visual surveillance systems with multiple PTZ cameras [Текст] / I.-H. Chen, S.J. Wang // IEEE Intel Conf. on Computer Vision Systems. – 2006.
114. Chen, Y. Simultaneous real-time segmentation of diversified barcode symbols in complex background [Текст] / Y. Chen, Z. Yang, Z. Bai, J. Wu // Intelligent Networks and Intelligent Systems. – 2008. – P. 527–530.
115. Davis, E. Machine Vision: Theory, Algorithms, Practicalities [Текст] / E. Davis. – Academic Press, 1996.
116. Everts, I. Cooperative Object Tracking with Multiple PTZ Cameras [Текст] / I. Everts, N. Sebe, G. A. Jones // the 14th Int'l Conf. on Image Analysis and Processing. – 2007.
117. Fang, X. Automatic recognition of noisy code-39 barcode [Текст] / X. Fang, F. Wu, B. Luo, H. Zhao, P. Wang, // 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence. – 2006. – P. 79–82.
118. Fayman, J. F. Zoom tracking and its applications [Текст] / J. F. Fayman, O. Sudarsky, E. Rivlin, M. Rudzsky // Machine Vision and Applications. – 2001. – Vol. 13. – P. 25–37.
119. Forsyth, D. Computer Vision [Текст] / D. Forsyth, J. Jones // Contemporary Approach. – 2004.
120. Forsyth, D. Computer Vision: A Modern Approach [Текст] / D. Forsyth, J. Ponce // Englewood Cliffs. – 2003.
121. Garfinkel, S. Adopting Fair Information Practices to Low Cost RFID Systems [Текст] / S. Garfinkel / International Conference on Ubiquitous Computing. – 2002.
122. Gonzalez, R. C. Digital Image Processing [Текст] / R. C. Gonzalez, R. E. Woods // Pearson Education Asia. – 2002.
123. Gonzalez. Warehousing and Analyzing Massive RFID Data Sets [Текст] / Gonzalez, Hector, Han // International Conference on Data Engineering (ICDE'06). – 2006.

124. Guerra, E. Computers and Industrial Engineering [Текст] / E. Guerra, J. R. Villalobos // International Conference on Data Engineering. – 2001.
125. He, L. Fast connected-component labeling [Текст] / L. He, Y. Chao, K. Suzuki // Pattern Recognit. – 2009. – N 42. – P. 1977–1987.
126. Jahr, I. Lighting in Machine Vision [Текст] / I. Jahr // Handbook of Machine Vision. – 2008.
127. Johnson, D. Applied Multivariate Methods for Data Analysis [Текст] / D. Johnson // Handbook of Machine Vision. – 1998.
128. Kong, S. G. Adaptive fusion of visual and thermal IR images for illumination-invariant face recognition [Текст] / S.G. Kong, J. Heo, F. Boughorbel // Int'l J. of Computer Vision. – 2007. – Vol. 71, N 2. – P. 215–233.
129. Kearney, A. T. RFID/EPC [Текст] / A. T. Kearney // Managing the Transition. – 2004.
130. Lee, Unlocking the Value of RFID [Текст] / Lee, Hau // Working Paper, Graduate School of Business. – 2005.
131. Malamas, E. A. Survey on industrial vision systems, applications and tools [Текст] / E. Malamas, E. Petrakis, M. Zervakis // Image Vis. Comput. 21. – 2003. – P. 171–188.
132. Mingqiang, Y. A. Survey of shape feature extraction techniques [Текст] / Y. Mingqiang, K. Kidiyo, R. Joseph // Pattern Recognition Techniques, Technology and Applications. – 2008. – P. 978–953.
133. Mantas, J. An overview of character recognition methodologies [Текст] / J. Mantas // Pattern Recogn. – 1986. – P. 425–430.
134. Pan, X. Hybrid Method For Robust Car Plate Character Recognition [Текст] / X. Pan, X. Ye, S. A. Zhang // Engineering Applications of Artificial Intelligence. – 2005. – P. 963–972.
135. Rowley, H. A. Human face detection in visual scenes [Текст] / H. A. Rowley, S. Baluja, T. Kanade, // NIPS 8. – 1996. – P. 875–881.
136. Saha, S. A. Hough Transform based Technique for Text Segmentation [Текст] / S. Saha, S. Basu, M. Nasipuri, // Journal of Computing. – 2010. – P. 134–141.

137. Sarma, Integrating RFID [Текст] / Sarma, Sanjay // ACM Queue 2. – 2004. – P. 50–57.
138. Seeger, M. Binarising camera images for OCR [Текст] / M. Seeger, C. Dance // Proceedings of the 6th international conference on document analysis and recognition. – 2001.
139. Sriram, T. Applications of barcode technology in automated storage & retrieval systems [Текст] / T. Sriram // IECON-PROCEEDINGS. – 1996. – P. 641–646.
140. Rafael, C. Digital image processing [Текст] / C. Rafael, R. Gonzalez, E. Woods // Prentice Hall, New Jersey. – 2001.
141. Rosati, G. Real-time defect detection on highly reflective curved surfaces [Текст] / G. Rosati, G. Boschetti, A. Biondi // Optics Lasers Eng. – 2009. – P. 379–384.
142. Sonka, M. Image processing analysis and machine vision [Текст] / M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle // Chapman & Hall. – 1999.
143. Telljohann, A. Introduction to Building a Machine Vision Inspection [Текст] / A. Telljohann // Handbook of Machine Vision. – 2008.
144. Youssef, S. Automated barcode recognition for smart identification and inspection automation [Текст] / S. Youssef, R. Salem // Expert Syst. Appl. – 2007. – P. 968–977.
145. Ohbuchi, E. Barcode readers using the camera device in mobile phones [Текст] / E. Ohbuchi, H. Hanaizumi, L. Hock // Cyberworlds, 2004 International Conference. – 2004. – P. 260–265.
146. Wei, W. An automatic system of vehicle number-plate recognition based on neural networks [Текст] / W. Wei, X. Huang, M. Wang // Journal of Systems Engineering and Electronics. – 2001. – P. 63–72.
147. Lu, X. A robust barcode reading method based on image analysis of a hierarchical feature classification [Текст] / X. Lu, G. Fan, Y. Wang, // International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2006. – P. 3358–3362.
148. Wu, K. Optimizing two-pass connected-component labeling algorithms [Текст] / K. Wu, E. Otoo, K. Suzuki // Pattern Anal. Appl. – 2009. – P. 117–135.

149. Zhang, C. Automatic real-time barcode localization in complex scenes [Текст] / C. Zhang, J. Wang, S. Han // IEEE International Conference on Image Processing. – 2006. – P. 497–500.

150. Zhu, Q. Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients [Текст] / Q. Zhu, S. Avidan, M.-c. Yeh // CVPR. – 2006. – P. 1491–1498.

Список иллюстрированного материала

Рисунок 1.1 – Схема движения материалов	12
Рисунок 1.2 – Схема функциональной структуры АСУТП	18
Рисунок 1.3 – Структурная схема комплекса технических средств	33
Рисунок 2.1 – Схема расположения маркированного изделия в системе координат математической модели в плоскости OX-OY	37
Рисунок 2.2 – Схема расположения маркированного изделия в системе координат математической модели в плоскости OY-OZ	37
Рисунок 2.3 – Схема маркированного изделия	38
Рисунок 2.4 – Схема расположения координат маркировки	39
Рисунок 2.5 – Схема расчета расстояния от видеодатчика до маркировки по диагонали	41
Рисунок 2.6 – Схема расчета угла между положением видеодатчика и маркировкой по горизонтали	42
Рисунок 2.7 – Схема расчета угла между положением видеодатчика и маркировкой по вертикали	43
Рисунок 2.8 – Схема зависимости масштаба изображения видеодатчика от параметров маркировки	44
Рисунок 2.9 - Блок-схема алгоритма наведения видеодатчика на маркер	48
Рисунок 2.10 – Блок-схема алгоритма изменения масштаба изображения и фокусного расстояния	53
Рисунок 2.11 – Блок-схема алгоритма локализации области маркировки	56
Рисунок 2.12 – Блок-схема алгоритма распознавания области маркировки	59
Рисунок 2.13 – Алгоритм управления системой автоматической идентификации маркировки	60

Рисунок 3.1 – Структурная схема системы	64
Рисунок 3.2 – Функциональная схема подсистемы управления камерой	65
Рисунок 3.3 – Функциональная схема подсистемы управления трансфокатором камеры	67
Рисунок 3.4 – Функциональная схема системы локализации маркировки	69
Рисунок 3.5 – Функциональная схема подсистемы идентификации маркировки	71
Рисунок 3.6 – Экранные формы программной реализации имитационной модели системы	74
Рисунок 3.7 – Пример расчета контрольной суммы сообщения по протоколу Pelco-D	77
Рисунок 3.8 – Настройки безопасности в Configuration Console	82
Рисунок 3.9 – Выбор сетевого адаптера для OPC-обмена	83
Рисунок 3.10 – Выбор протокола S7 для OPC-обмена	83
Рисунок 3.11 – Конфигурирование станции в Station Configuration Editor	84
Рисунок 3.12 – Интерфейс окна системы управления. Вид интерфейса «САИМ»	86
Рисунок 4.1 – Сравнение углов наклона по горизонтали реального и моделируемого поворотного устройства	95
Рисунок 4.2. – Сравнение углов наклона по вертикали реального и моделируемого поворотного устройства	97
Рисунок 4.3 – Сравнение фокусного расстояния реального и моделируемого трансфокатора видеосканера	99
Рисунок 4.4 – Сравнение масштаба приближения реального и моделируемого трансфокатора видеосканера	101
Рисунок 4.5 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях	113
Рисунок 4.6 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов	114

Рисунок 4.7 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях	117
Рисунок 4.8 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов	118
Рисунок 4.9 – Гистограммы экспериментальных исследований оперативности и достоверности при различных условиях	121
Рисунок 4.10 – Гистограммы экспериментальных исследований времени и достоверности идентификации в совокупности проведенных экспериментов	122
Рисунок 4.11 – Гистограммы достоверности и оперативности идентификации ручным и автоматическим способом в совокупности проведенных экспериментов	123

**Акт внедрения результатов диссертационной работы на ОАО «Выксунский
металлургический завод»**

ДОГОВОР № 425/11
на создание научно-технической продукции

4135/11

г. Муром – г. Москва

18 апреля 2011г.

Муромский институт (филиал) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», именуемый в дальнейшем ИСПОЛНИТЕЛЬ, в лице директора Чайковской Нины Владимировны, действующего на основании Положения о МИ (филиале) ВлГУ, с одной стороны, и ЗАО НПЦ «ВНИПИ САУ-40», именуемое в дальнейшем ЗАКАЗЧИК, в лице генерального директора Дроздина Александра Эфрановича, действующего на основании Устава, с другой стороны, заключили настоящий договор о нижеследующем.

1. ПРЕДМЕТ ДОГОВОРА

1.1. ЗАКАЗЧИК поручает, а ИСПОЛНИТЕЛЬ принимает на себя разработку, изготовление, поставку и пусконаладочные работы программного обеспечения системы автоматической идентификации маркировки слэбов (далее - ПО САИМ) на складе слэбов и заготовок толстолистового прокатного стана ОАО «Выксунский металлургический завод» (далее – ОАО «ВМЗ»).

1.2. Требования к научно-технической продукции, являющейся предметом настоящего договора, изложены в Техническом задании ЗАКАЗЧИКА (Приложение 1).

1.3. Приемка и оценка научно-технической продукции осуществляются в соответствии с указанным в п. 1.2 Техническим заданием.

1.4. Использование научно-технической продукции осуществляется ЗАКАЗЧИКОМ в ОАО «ВМЗ» в качестве компонента АСУТП склада слэбов и заготовок толстолистового прокатного стана.

2. СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

2.1. Содержание и сроки выполнения этапов работ определяются календарным планом (Приложение 2), который при необходимости может быть уточнен по согласованию Сторон.

2.2. К выполнению 2-го этапа работ ИСПОЛНИТЕЛЬ приступает только после письменного извещения ЗАКАЗЧИКА.

3. СТОИМОСТЬ РАБОТ И ПОРЯДОК РАСЧЕТОВ

3.1. За выполнение работ по настоящему договору ЗАКАЗЧИК перечисляет ИСПОЛНИТЕЛЮ в соответствии с протоколом соглашения о договорной цене 450000 (Четыреста пятьдесят тысяч) рублей 00 копеек.

3.2. Выполнение работ по настоящему договору не облагается НДС на основании ст. 149 Налогового кодекса РФ.

3.3. Оплата работ производится поэтапно на основании подписанных ЗАКАЗЧИКОМ актов сдачи-приемки научно-технической продукции в течение 5 дней после их подписания.

4. ПОРЯДОК СДАЧИ И ПРИЕМКИ РАБОТ

4.1. Результаты работ ИСПОЛНИТЕЛЯ на каждом этапе их выполнения указаны в календарном плане (Приложение 2).

4.2. Поэтапная передача ЗАКАЗЧИКУ созданной в рамках настоящего договора научно-технической продукции осуществляется ИСПОЛНИТЕЛЕМ с сопроводительными документами.

4.3. После завершения предусмотренных договором этапов работ ИСПОЛНИТЕЛЬ передает ЗАКАЗЧИКУ вместе с результатами работ акты сдачи-приемки научно-технической продукции.

8. СРОК ДЕЙСТВИЯ ДОГОВОРА

8.1. Настоящий договор вступает в силу с момента его подписания ЗАКАЗЧИКОМ и ИСПОЛНИТЕЛЕМ и действует до полного исполнения Сторонами взятых на себя обязательств.

9. АДРЕСА И РЕКВИЗИТЫ СТОРОН

ЗАКАЗЧИК: ЗАО НПЦ «ВНИПИ САУ-40»

ИНН 7708014959, КПП 770801001

Юридический адрес: 107140, г. Москва, Комсомольская пл., д. 6

Адрес для переписки: 115035, г. Москва, Болотная ул., д. 18, стр. 1

Тел./факс: (499) 238-31-77, 238-28-43

р/с 4070281090000005848 в ОАО «Банк ВТБ», г. Москва

к/с 3010181070000000187, БИК 044525187

E-mail: mail@vnipisau40.ru

ИСПОЛНИТЕЛЬ: Муромский институт (филиал) ВлГУ

ИНН: 3327102091

КПП 333402001 УФК по Владимирской области (ОФК 13, МИ (филиал) ВлГУ, л/с 03281А41570)

Юридический адрес: 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

Адрес для переписки: 602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

р/с: 40503810900001000001 в ГРКЦ ГУ БАНКА РОССИИ по Владимирской области, г. Владимир

БИК: 041708001

E-mail: lvovich@newmail.ru

- Приложения: 1. Техническое задание на выполнение работ.
2. Календарный план работ.
3. Протокол соглашения о договорной цене.

ЗАКАЗЧИК

Генеральный директор



А. Э. Дрозднин

ИСПОЛНИТЕЛЬ

Директор



Чайковская Н.В.



УТВЕРЖДАЮ

Директор ЦАРИАСУТП ООО «ОМК-ИТ»

Аршинов В.К.

17.11.13

дата

АКТ

научно-технической комиссии о реализации научных положений и выводов диссертации
Провоторова Алексея Владимировича.

г. Выкса

«05» ноября 2013 г.

Комиссия в составе директора ЦАРИАСУТП ООО «ОМК-ИТ» Аршинова Владимира Константиновича, первого заместителя директора Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета (заместителя директора по научной работе Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета), д.т.н., проф. Жизнякова Аркадия Львовича и аспиранта кафедры «Физики и прикладной математики» Муромского института (филиала) Владимирского государственного университета Провоторова Алексея Владимировича составила настоящий акт, подтверждающий, что при реализации проекта создания подсистемы автоматической идентификации маркировки, задействованной в АСУТП склада слябов и заготовок листопркатного цеха «Стан-5000» ОАО «ВМЗ» ЗАО «ОМК», были применены положения и выводы диссертационной работы Провоторова А.В., а именно: алгоритмы управления видеодатчиками и алгоритм управления системой автоматической идентификации маркировки слябов.

Использование результатов диссертационной работы Провоторова А.В. позволило повысить оперативность идентификации слябов.

Разработанные на основе научных результатов программные продукты используются в подсистеме автоматической идентификации маркировки слябов.

Директор ЦАРИАСУТП ООО «ОМК-ИТ»

17.11.13 Аршинов В.К.

дата



Первый заместитель директора
Муромского института (филиала) ВлГУ
(заместитель директора по научной
работе Муромского института (филиала)
ВлГУ), д.т.н., проф.

17.11.13 Жизняков А.Л.

дата



Аспирант кафедры «Физика и
прикладная математика» Муромского
института (филиала) ВлГУ

17.11.13 Провоторов А.В.

дата