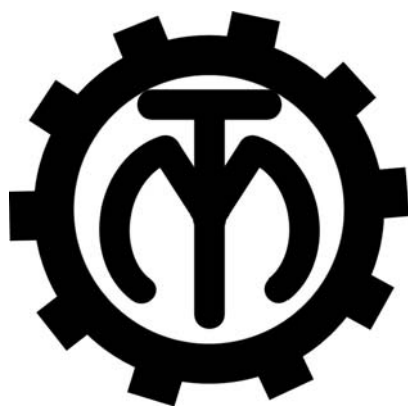


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕХАТРОНИКЕ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для магистрантов направления подготовки
15.04.06 «Мехатроника и робототехника»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2023

УДК 621.865.8
ББК 34.9
С56

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «22» мая 2023 г.,
протокол № 14

Составители: канд. техн. наук, доц. В. М. Шеменков;
канд. техн. наук, доц. Е. В. Ильюшина;
ст. преподаватель С. Г. Черняков

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Современные методы управления в робототехнике и мехатронике» магистрантами направления подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» очной и заочной форм обучения. Изложены методики выполнения лабораторных работ.

Учебное издание

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ В РОБОТОТЕХНИКЕ И МЕХАТРОНИКЕ

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 21.09.2023 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,0 . Тираж 36 экз. Заказ № 1045.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Исследование систем управления приводами токарного станка с ЧПУ.....	5
2 Лабораторная работа № 2. Исследование систем управления приводами фрезерного станка с ЧПУ.....	8
3 Лабораторная работа № 3. Исследование системы технического зрения FESTO.....	12
Список литературы.....	16

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ

Общие требования безопасности

Допуск студентов к лабораторным занятиям производится только после инструктажа по технике безопасности, о чем делается соответствующая запись в специальном журнале (бланке).

Требования безопасности перед началом работы

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы, а также безопасные приемы ее выполнения.

2 Перед каждым включением оборудования предварительно убедиться, что его пуск безопасен.

Требования безопасности во время работы

1 Точно выполнять все указания преподавателя.

2 Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам электрических цепей, к корпусам стационарного электрооборудования.

3 Запрещается во время работы оборудования снимать ограждения и предохранительные устройства, а также держать их открытыми.

4 Во время работы запрещается касаться руками нагретых, вращающихся и перемещающихся частей, вводить руки в зону движения.

Требования безопасности по окончании работы

1 Полностью выключить оборудование.

2 Привести в порядок рабочее место.

3 Предупредить преподавателя обо всех, даже малейших и незначительных, неисправностях оборудования.

Требования безопасности в аварийных ситуациях

1 В случае травмирования кого-либо немедленно доложить преподавателю.

2 При выходе оборудования из строя необходимо:

– отключить оборудование (обесточить);

– доложить преподавателю о случившемся, а в случае возгорания приступить к немедленной его ликвидации первичными средствами пожаротушения.

1 Лабораторная работа № 1. Исследование управления приводами токарного станка с ЧПУ

Цель работы: ознакомление с основными узлами, элементами, конструкцией приводов и исполнительных механизмов токарного станка с ЧПУ модели СК6140А.

Теоретические сведения

Станок модели СК6140А предназначен для различных видов обработки: чистовой обработки внутренних и наружных цилиндрических поверхностей, обработки конических поверхностей, торцевых поверхностей, нарезания метрических, дюймовых, модульных и питчевых резьб, сверления, развертывания и проточки канавок (пазов). Общий вид станка показан на рисунке 1.1.

На станке можно обрабатывать такие материалы, как сталь, чугун, цветные металлы. Точность обработки заготовки составляет IT7; шероховатость отвечает всем требованиям и составляет 1,6 мкм по параметру Ra.



Рисунок 1.1 – Общий вид токарного станка с ЧПУ модели СК6140А

Ключевые технические характеристики станка.

Максимальный диаметр обработки над станиной – 400 мм.

Максимальный диаметр обработки над суппортом – 200 мм.

Максимальная длина заготовки – 1000 мм.

Количество инструментов в револьверной головке – 6 шт.

Частота вращения шпинделя – 20...1620 об/мин.

Мощность главного привода – 7,5 кВт.

Габаритные размеры – 2600 × 1352 × 1672 мм.

Конструкции приводов токарного станка с ЧПУ модели СК6140А показаны на рисунке 1.2.

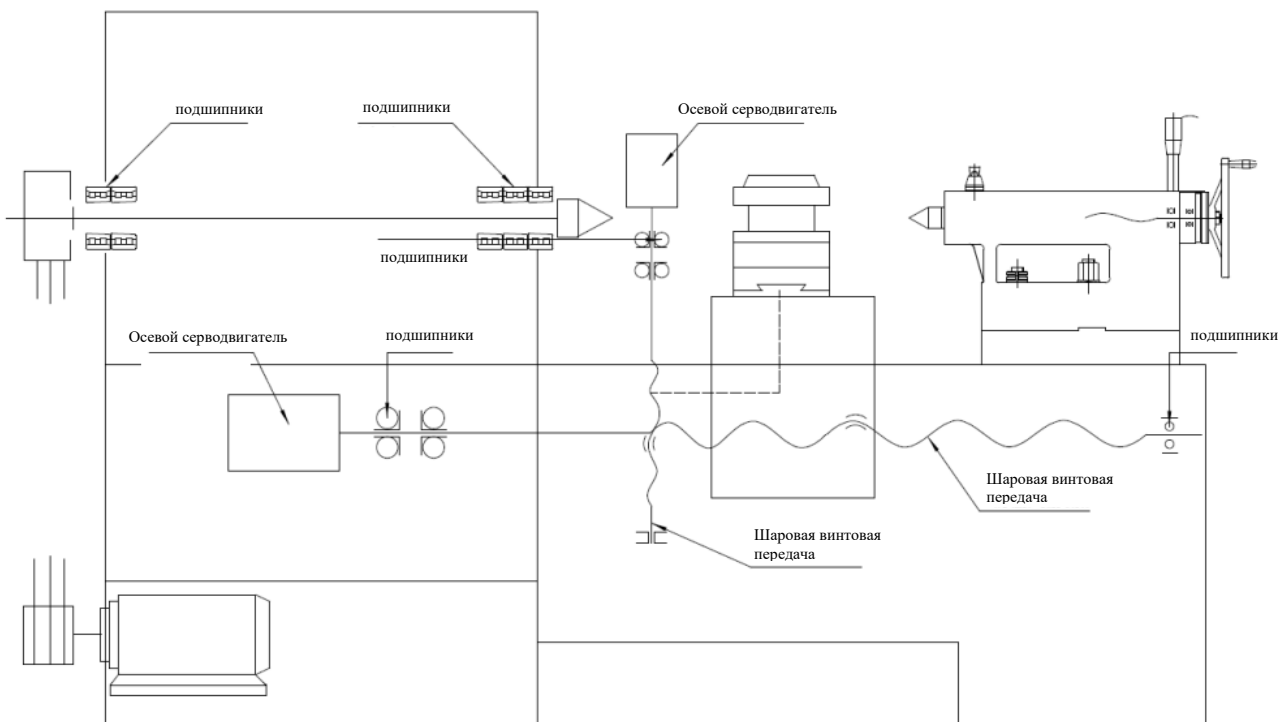


Рисунок 1.2 – Система приводов для токарного станка с ЧПУ модели СК6140А

Основными элементами станка являются: станина, передняя бабка со шпинделем, задняя бабка, резцедержатель, поперечный суппорт, фартук, система ЧПУ.

Станина является основной деталью, соединяющей все узлы и механизмы между собой. Ее составляющими частями являются две стенки, соединенные поперечными элементами. На станине располагаются бабка, коробка переключения передач и направляющие, которые отвечают за перемещение задней бабки и суппорта с фартуком.

Передняя бабка – в ней располагается подшипниковый узел, ответственный за фиксирование и вращение заготовки. Шпиндель приводится во вращение от электромотора при помощи ременного привода, коробки скоростей или в некоторых случаях имеет прямой привод. Здесь же находятся узлы для фикса-

ции заготовки (патрон), гидро- или пневмоцилиндр, опционально тормоз, датчики зажима-разжима кулачков и т. д.

Приводы, ответственные за передачи, представляют собой электрические моторы, которые работают за счет шарико-винтовых пар.

Подвижная задняя бабка используется для поддержки задней части длинной детали для устранения биения детали, ее прогиба и в целом придает жесткости системе во время обработки.

Система ЧПУ осуществляет управление всеми узлами станка при наладке и обработке заготовок по заранее составленным управляющим программам. Она состоит из самого устройства числового программного управления, обеспечивающего связь между человеком и станком, сервосистемы, преобразующей определенные сигналы ЧПУ в рабочие движения узлов станка и электроавтоматики, обеспечивающей управление и обратную связь вспомогательных устройств.

Линейные оси состоят из направляющих (качения или скольжения), шарико-винтовой передачи, обеспечивающей линейное перемещение, и сервомотора, который производит управление осью через систему управления станком. В стандартных комплектациях станки оснащены двумя линейными осями – X и Z.

Панели, через которые осуществляется управление – в токарном станке их несколько. Размещаться они могут не только в рабочей зоне, но и в других системах ЧПУ.

Приводами главного движения для станков с ЧПУ обычно являются двигатели переменного тока – для больших мощностей и постоянного тока – для малых. В качестве приводов служат трехфазные четырехполюсные асинхронные двигатели, воспринимающие большие перегрузки и работающие при наличии в воздухе металлической пыли, стружки, масла и т. д. Поэтому в их конструкции предусмотрен внешний вентилятор. В двигатель встраивают различные датчики, например датчик положения шпинделя, что необходимо для ориентации или обеспечения независимой координаты.

В качестве привода подачи для станков с ЧПУ используют двигатели, представляющие собой управляемые от цифровых преобразователей синхронные или асинхронные машины. Бесколлекторные синхронные (вентильные) двигатели для станков с ЧПУ изготавливают с постоянным магнитом на основе редкоземельных элементов и оснащают датчиками обратной связи и тормозами. Асинхронные двигатели применяют реже, чем синхронные. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования. Обеспечение этих характеристик возможно благодаря применению шариковых и гидростатических винтовых передач, направляющих качения и гидростатических направляющих, беззазорных редукторов с короткими кинематическими цепями и т. д.

В связи с развитием микропроцессорной техники применяются преобразователи для приводов подачи и главного движения с полным микропроцессорным управлением – цифровые преобразователи или цифровые приводы. Цифровые приводы представляют собой электродвигатели, работающие на посто-

янном или переменном токе. Конструктивно преобразователи частоты, сервоприводы и устройства главного пуска и реверса являются отдельными электронными блоками управления.

Преобразователи частоты для управления асинхронными двигателями имеют диапазон регулирования до 250. Преобразователи представляют собой электронные устройства, построенные на базе микропроцессорной техники. Программирование и параметрирование их работы осуществляются от встроенных программаторов с цифровым или графическим дисплеем. Оптимизация управления достигается автоматически после введения параметров электродвигателя. В математическом обеспечении заложена возможность настройки привода и пуск его в эксплуатацию.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1 Изучить основные узлы и элементы токарного станка с ЧПУ модели СК6140А.
- 2 Изучить конструкции приводов и исполнительных механизмов токарного станка с ЧПУ модели СК6140А.
- 3 Изучить и произвести настройку станка на обработку детали.
- 4 Выполнить индивидуальное задание, выданное преподавателем.

Контрольные вопросы

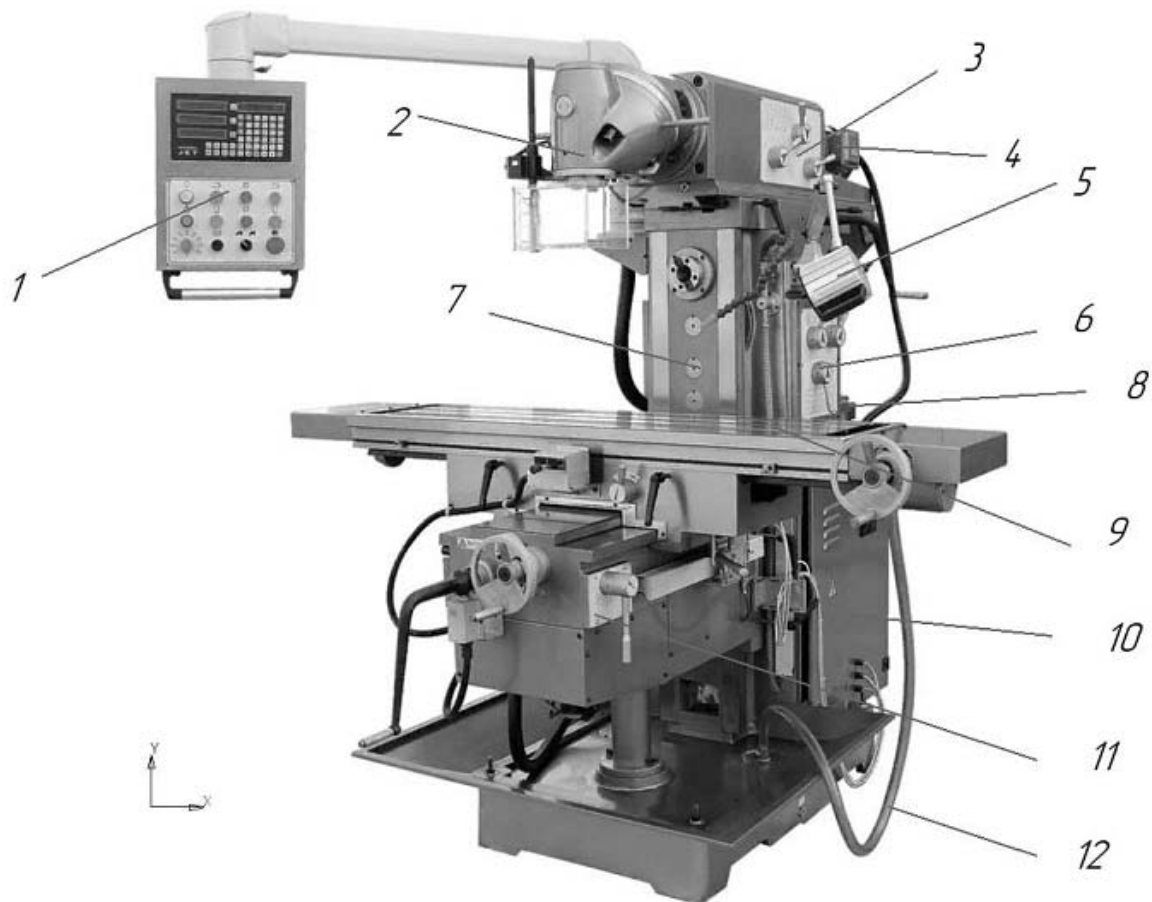
- 1 Какие основные узлы и механизмы входят в состав токарного станка с ЧПУ?
- 2 Из чего состоит привод главного движения для токарного станка с ЧПУ?
- 3 Из чего состоит привод подачи для токарного станка с ЧПУ?
- 4 Порядок настройки продольной и поперечной подачи.

2 Лабораторная работа № 2. Исследование управления приводами фрезерного станка с ЧПУ

Цель работы: ознакомление с основными узлами, элементами, конструкцией приводов и исполнительных механизмов фрезерного станка с ЧПУ модели JET JUM-1464 DRO.

Теоретические сведения

Широкофункциональный фрезерный станок JET JUM-1464 DRO (рисунок 2.1) с поворотной головой предназначен для фрезерования металлических заготовок.



1 – панель управления; 2 – фрезерная поворотная головка; 3 – коробка подач вертикального шпинделя; 4 – привод вертикального шпинделя; 5 – светильник; 6 – станина; 7 – коробка подач горизонтального шпинделя; 8 – привод горизонтального шпинделя; 9 – фрезерный стол; 10 – электрошкаф; 11 – коробка подач фрезерного стола; 12 – шланг системы подачи СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость)

Рисунок 2.1 – Общий вид фрезерного станка с ЧПУ модели JET JUM-1464 DRO

Станина состоит из колонны и основания. Колонна крепится на основании с помощью винтов.

Перед колонной находится колено. С колонной колено соединяется через прямоугольные направляющие, которые могут подниматься и опускаться вдоль вертикальной направляющей.

Поворотная станина соединяется с коленом через прямоугольные направляющие. Стол соединяется с салазками через направляющие типа «ласточкин хвост». Рабочий стол и салазки перемещаются посредством ходового винта и гайки.

Главный привод приводится в действие устройством зубчатой передачи.

Коробка подач крепится в нижней правой части поворотной станины и приводится в движение непосредственно двигателем.

Система подачи СОЖ состоит из насоса подачи СОЖ, трубки, бака в основании и т. д. Система смазки состоит из иммерсионного масляного устройства с методом разбрызгивания, насоса подачи смазки, ручного насоса и т. д.

Панель управления для удобства установлена на подвижной штанге.

Рабочий стол перемещается вручную или автоматически, питание узла подачи обеспечено только одним двигателем. Коробка подач имеет 24 ступени скоростей и три передачи ускоренного хода. Главный привод приводит в действие механизм шестерней, обеспечивает высокую эффективность, высокий крутящий момент, расширяет диапазон изменения скорости, вследствие чего расширяется диапазон параметров обработки.

Шпиндель приводной системы универсальной фрезерной головы установлен в консоли и приводится в движение фланцевым двигателем.

Система привода шпинделя установлена в колонне и управляется двигателем. Двигатель соединяется с приводным валом и передает усилие шпинделю через шестерни и передвижные шестерни.

Главная передача: главный двигатель > приводной вал > шестерни и передвижные шестерни > шпиндель.

Подача стола производится ручным или автоматическим управлением. Для осуществления продольной и поперечной подачи стола усилие передается ходовому винту-гайке. Для перемещения стола вручную необходимо нажать на ручку вдоль оси вала для введения в зацепление с винтом-гайкой.

Ключевые технические характеристики станка.

Максимальный диаметр сверления стали и чугуна – 50 мм.

Максимальный диаметр торцевой фрезы – 125 мм.

Максимальный диаметр концевой фрезы – 32 мм.

Максимальный диаметр нарезаемой резьбы – М16.

Расстояние от вертикального шпинделя до стола – 0...400 мм.

Расстояние от шпинделя до стойки – 150...550 мм.

Расстояние от горизонтального шпинделя до стола – 0...400 мм.

Размер стола по оси X и Y – 1600 × 360 мм.

Частота вращения вертикального шпинделя – 60...1750 мин⁻¹.

Частота вращения горизонтального шпинделя – 58...1800 мин⁻¹.

Мощность двигателя – 4 кВт.

Габаритные размеры – 2070 × 1930 × 2250 мм.

Настройка фрезерного станка с ЧПУ JET JUM-1464 DRO.

Установка частоты вращения шпинделя. Сначала нажмите толчковую кнопку «Т» на правой стороне колонны (горизонтальный и вертикальный шпиндель), затем отрегулируйте три рукоятки в заданные позиции в соответствии с пояснениями таблицы скоростей.

Выбор скорости подачи стола. Сначала отрегулируйте рукоятку в положение «STOP», затем запустите двигатель коробки подач, установите рукоятки в нужные значения скорости. Стол начнет перемещаться на ускоренной подаче, когда рукоятка будет находиться в положении «А» (ускоренный ход).

Продольная автоматическая подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку и установите рукоятку в положение «ВЛЕВО», «ВПРАВО» для включения автоматической продольной подачи.

Продольная ручная подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку и установите рукоятку в нейтральное положение, затем для включения ручной подачи введите в зацепление и вращайте маховик.

Поперечная автоматическая подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку. Перед тем как регулировать рукоятку вверх или вниз, на конце рукоятки должна выскочить кнопка, что обеспечит поперечную автоматическую подачу.

Поперечная ручная подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку, установите рукоятку в нейтральное положение, затем вращайте маховик для обеспечения поперечной ручной подачи стола.

Вертикальная автоматическая подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку, переместите рукоятку вверх или вниз для включения вертикальной автоматической подачи.

Вертикальная ручная подача стола. Сначала ослабьте фиксирующую рукоятку, установите рукоятку в «НЕЙТРАЛЬНОЕ» положение, затем вращайте рукоятку для обеспечения вертикальной ручной подачи стола.

Хобот. Для установки дисковых фрез на оправке отпустите два болта и на нужное расстояние переместите хобот. Затем затяните два болта. Снимите серьгу в задней части станка и установите на «ласточкин хвост» в передней части станка.

Поворотный стол. Сначала ослабьте фиксирующие винты (4 шт.) с двух сторон поворотной станины, затем поверните стол в нужное положение. После этого затяните фиксирующие винты.

Порядок выполнения лабораторной работы

1 Изучить основные узлы и элементы фрезерного станка с ЧПУ JET JUM-1464 DRO.

2 Изучить конструкции приводов и исполнительных механизмов фрезерного станка с ЧПУ JET JUM-1464 DRO.

3 Изучить и произвести настройку станка на обработку детали.

4 Выполнить индивидуальное задание, выданное преподавателем.

Контрольные вопросы

1 Какие основные узлы и механизмы входят в состав фрезерного станка с ЧПУ?

2 Из чего состоит привод главного движения для фрезерного станка с ЧПУ?

3 Из чего состоит привод подачи для фрезерного станка с ЧПУ?

4 Порядок настройки фрезерного станка с ЧПУ.

3 Лабораторная работа № 3. Исследование системы технического зрения FESTO

Цель работы: ознакомление и изучение системы технического зрения FESTO; создание и считывание кода DataMatrix с помощью камеры технического зрения.

Теоретические сведения

За последнее десятилетие технологии машинного зрения, применяемые для промышленной автоматизации, сделали большой и качественный шаг вперед. Техническое зрение стало стабильнее и надежнее, проще в использовании и дешевле. Системы технического зрения помогают повышать качество продукции, минимизировать влияние человеческого фактора, автоматизировать выполняемые вручную операции, отслеживать перемещение продукции и многое другое.

Система технического зрения традиционно представляет собой комплекс из видеокамеры, компьютера и программного обеспечения (ПО). Основными недостатками таких систем являются сложность, длительность и дороговизна разработки. Для ряда приложений и сегодня такая конфигурация оборудования остается единственно возможной. Но большинство наиболее типичных задач уже можно решить с использованием компактного устройства в едином корпусе – смарт-камеры, которая лишена указанных недостатков.

Смарт-камера – это видеокамера, которая уже содержит в себе компьютер, средства коммуникации со сторонним оборудованием и подсветку (у некоторых моделей). Компактность и встроенные программно-аппаратные средства коммуникации с контроллерами, роботами, сторонними программными системами обеспечивают очень простую, быструю и, как результат, недорогую интеграцию камеры в производственный процесс.

Современные смарт-камеры кроме аппаратной реализации включают в себя среду для программирования и библиотеку алгоритмов машинного зрения, которая позволяет программировать камеры, не имея каких-то специальных знаний или опыта программирования. Как следствие, процесс разработки программы для камеры в большинстве случаев занимает, по сравнению с классическим «компьютерным» подходом, на порядок меньше времени. При выборе смарт-камеры стоит особое внимание уделить следующим аспектам:

- 1) наличие функции локализации (обнаружения) объекта;
- 2) измерение размеров;
- 3) сравнение с шаблоном;
- 4) поиск дефектов:
 - контроль геометрической формы изделий;
 - инспекция упаковки;

5) набор функций, отвечающих за коммуникацию камеры с другими устройствами: подключение к сети Ethernet и поддержка распространенных протоколов: Profinet, Profibus, Modbus, OPC, TCP, UDP, FTP, DeviceNet;

6) считывание всевозможных кодов. В отличие от лазерных сканеров, камера анализирует не свет отраженного лазера, а непосредственно видеоизображение кода;

7) конструкторские особенности смарт-камер и др.

При выборе смарт-камер необходимо обратить особое внимание на следующие нюансы, которые необходимо проанализировать после проведения экспериментальных исследований:

- следует принимать во внимание фон, на котором напечатан текст. Если фон может изменяться, то считывание маркировки становится затруднительным;

- для корректного считывания маркировки качество печати должно быть стабильным, если, конечно, перед системой технического зрения не стоит задача как раз обнаружения некачественной печати;

- символы должны быть всегда единообразно расположены и не сливаться друг с другом (это вносит дополнительные сложности, иногда преодолимые, иногда – нет);

- при изменении условий освещения смарт-камеры начинают работать нестабильно и их нужно перенастраивать, а следовательно, и перенастраивать систему технического зрения.

В современном мире технических решений присутствуют различные бренды камер технического зрения, которые имеют свои достоинства и недостатки. Среди них такие марки, как Cognex, Datalogic, IFM, Omron, Festo и др.

Современное производство сложно представить без систем контроля качества выпускаемой продукции. В таких отраслях, как автомобилестроение, пищевая промышленность, машиностроение, некоторые задачи могут быть однотипными: например, чтение кодов, распознавание оптически читаемых символов, анализ качества объекта. Именно для таких задач была разработана новая система технического зрения Festo SBRD-Q.

Основные составляющие системы SBRD-Q – это контроллер SBRD, камера технического зрения SBPB (рисунок 3.1), монтажные принадлежности, соединительные кабели, подсветка и оптика.



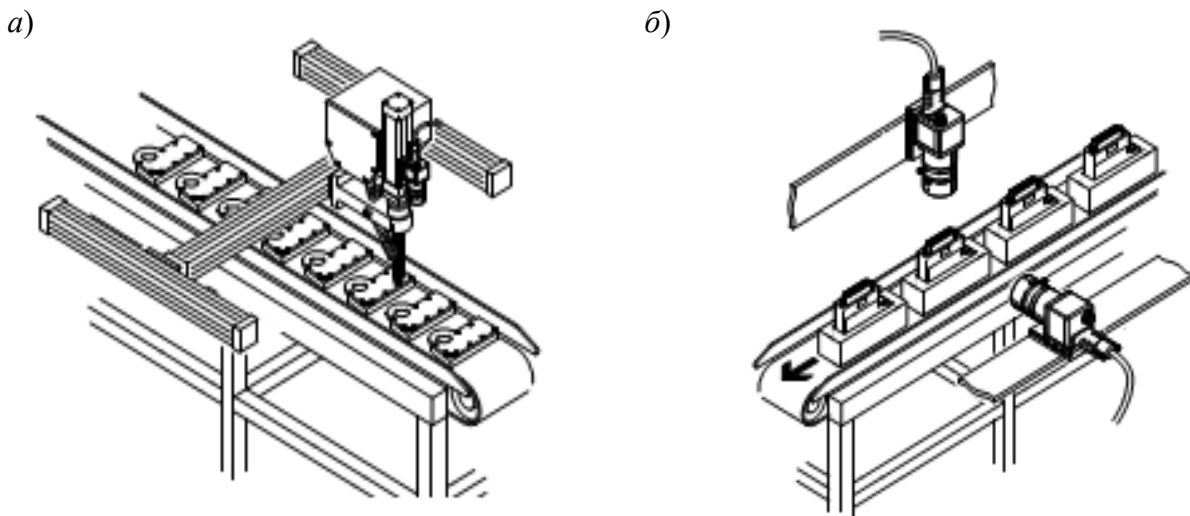
Рисунок 3.1 – Контроллер и камера технического зрения FESTO

Главным элементом системы является контроллер, на базе которого обрабатываются принятые от камеры снимки. Камера SBPB крепится непосредственно в зоне анализа исследуемого объекта и соединяется с контроллером SBRD кабелем USB 3.0. По данному кабелю SBPB получает питание и осуществляет двустороннюю связь с контроллером.

С помощью кронштейнов камера SBPB может быть легко смонтирована на производственных линиях.

Некоторые из возможных применений системы технического зрения FESTO:

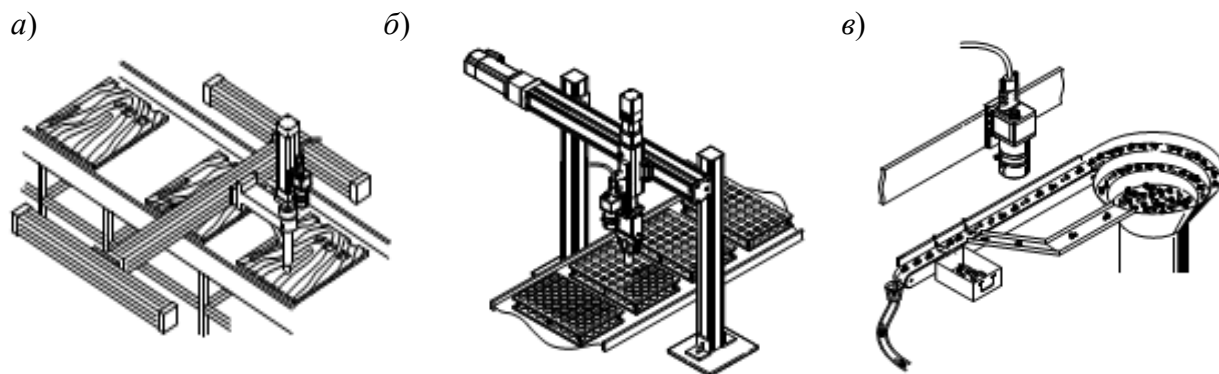
- согласование работы электромеханической системы линейных перемещений для установки и закручивания крепежных винтов в корпус детали (рисунок 3.2, *а*);
- контроль сборки и маркировки электронных компонентов в двух плоскостях при конвейерном производстве (рисунок 3.2, *б*);
- контроль обработки деревянных поверхностей (рисунок 3.3, *а*);
- передача координат места для укладки изделия в форму, контроль комплектности изделий, чтение индивидуальной маркировки изделий (рисунок 3.3, *б*);
- проверка ориентации изделий на механизме подачи, направление на переориентацию и отбраковка изделий по размерам и форме (рисунок 3.3, *в*).



а – закручивание винтов; *б* – контроль сборки и маркировки

Рисунок 3.2 – Применение системы технического зрения FESTO

На каждом производстве есть свои особенности контроля качества и идентификации выпускаемой продукции, однако гибкость системы технического зрения SBRD-Q от компании Festo позволяет легко встроить ее в производственные цеха как локальную станцию со своим шкафом управления или использовать ее в качестве составного компонента в шкафу управления линиями.



a – контроль деревянных поверхностей; *б* – передача координаты, контроль сложности, чтение маркировки; *в* – проверка ориентации изделия

Рисунок 3.3 – Применение системы технического зрения FESTO

Изучение системы технического зрения SBRD-Q от компании Festo будем производить на примере чтения маркировки.

В мировой практике торговли принято использование штрихкодов символики EAN для маркировки товаров. В соответствии с принятым порядком производитель товара наносит на него штриховой код, формируемый с использованием данных о стране местонахождения производителя и кода производителя. Код производителя присваивается региональным отделением международной организации EAN International. Такой порядок регистрации позволяет исключить возможность появления двух различных товаров с одинаковыми кодами.

Штриховой код – это последовательность черных и белых полос, представляющая некоторую информацию в виде, удобном для считывания техническими средствами. Штриховые коды используются в торговле, складском учете, библиотечном деле, охранных системах, почтовом деле, сборочном производстве, при обработке документов. Пример штрихового кода представлен на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 – Штрихкод продукта

Кроме линейных кодов, существуют и двумерные коды, которые предназначены для кодирования информации большего объема. Наиболее часто применяемыми являются DataMatrix и QR-код. DataMatrix является двумерным матричным штрихкодом, состоящим из светлых и темных участков. С помощью такого штрихкода можно закодировать достаточно большой объем информации (2-3Кб). Слева и снизу код ограничен сплошными темными линиями в виде буквы L. Они помогают распознать ориентацию идентификатора в процессе сканирования и выполняют роль шаблона поиска. Пример кода DataMatrix представлен на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Код DataMatrix

Для генерации кода 2-D существует множество различных редакторов, такие как NiceLabel, BarTender, LabelStar, а также онлайн-ресурсы <https://barcode.tec-it.com/ru/DataMatrix>.

Порядок выполнения лабораторной работы

- 1 Изучить основные элементы системы технического зрения SBRD-Q от компании Festo.
- 2 Создать двумерный код DataMatrix, в котором необходимо закодировать собственное имя и фамилию.
- 3 Настроить камеру для считывания кода DataMatrix.
- 4 Научиться считывать коды маркировки с помощью системы технического зрения SBRD-Q от компании Festo.
- 5 Выполнить индивидуальное задание, выданное преподавателем.

Контрольные вопросы

- 1 Из каких элементов состоит система технического зрения SBRD-Q от компании Festo ?
- 2 Что такое штрихкод и для чего он необходим?
- 3 Как создается двумерный код DataMatrix?
- 4 Для чего можно использовать системы технического зрения?

Список литературы

- 1 **Жолобов, А. А.** Программирование процессов обработки поверхностей на станках с ЧПУ: учебное пособие / А. А. Жолобов, Ж. А. Мрочек, А. М. Федоренко. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2009. – 339 с.
- 2 **Селянкин, В. В.** Решение задач компьютерного зрения: учебное пособие / В. В. Селянкин. – Таганрог: Южный федеральный ун-т, 2016. – 92 с.
- 3 **Мещерякова, В. Б.** Металлорежущие станки с ЧПУ: учебное пособие / В. Б. Мещерякова, В. С. Стародубов. – Москва: ИНФРА-М, 2023. – 336 с.
- 4 **Шишов, О. В.** Современные технологии и технические средства информатизации: учебник / О. В. Шишов. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 462 с.