

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Технология машиностроения»

ТЕХНОЛОГИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»
дневной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 621.865.8(075.8)
ББК 34.5
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Технология машиностроения» «1» июня 2023 г., протокол № 15

Составители: канд. техн. наук, доц. М. Н. Миронова;
канд. техн. наук, доц. А. В. Капитонов

Рецензент канд. техн. наук, доц. А. П. Прудников

Методические рекомендации предназначены для выполнения лабораторных работ студентами направления подготовки 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» дневной формы обучения по дисциплине «Технология роботизированного производства». Изложены методики выполнения лабораторных работ.

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный за выпуск	В. М. Шеменков
Корректор	И. В. Голубцова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 26 экз. Заказ №

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. Изучение структуры, компонентов и работы учебного роботизированного комплекса	6
2 Лабораторная работа № 2. Анализ номенклатуры, разработка роботизированной групповой технологической операции механической обработки деталей на РТК.....	13
3 Лабораторная работа № 3. Наладка станка и программирование промышленного робота для работы в составе РТК.....	19
4 Лабораторная работа № 4. Определение условий и режима автоматической установки заготовки в РТК	27
5 Лабораторная работа № 5. Расчет параметров моделей роботизированных комплексов с отказами, ожиданиями и ограниченной длиной очереди	33
6 Лабораторная работа № 6. Расчет параметров моделей роботизированных комплексов как замкнутой системы массового обслуживания	38
7 Лабораторная работа № 7. Управление работой роботизированного производства с использованием SCADA-системы.....	41
Список литературы.....	47

Инструкция по охране труда при проведении лабораторных работ

Общие требования безопасности

1 Допуск студентов к лабораторным занятиям производится только после инструктажа по технике безопасности, о чем делается соответствующая запись в специальном журнале. Получивший инструктаж подтверждает его прохождение подписью.

2 При проведении лабораторных работ и лабораторного практикума необходимо соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения.

3 Студентам следует быть внимательными и дисциплинированными, точно выполнять указания преподавателя.

4 Пребывание студентов в лаборатории разрешается только в присутствии преподавателя.

Требования безопасности перед началом работы

1 Внимательно изучить содержание и порядок проведения лабораторной работы или лабораторного практикума, а также безопасные приемы его выполнения.

2 В случае неисправности станка и оборудования немедленно сообщить об этом преподавателю и до ее устранения к работе не приступать (работать на неисправных и на не имеющих необходимых защитных ограждений станках запрещается).

3 Перед каждым включением станка предварительно убедиться, что его пуск безопасен.

Требования безопасности во время работы

1 Точно выполнять все указания преподавателя при проведении лабораторной работы, без его разрешения не производить самостоятельно никаких работ.

2 Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам электрической цепи, к корпусам стационарного электрооборудования, не производить переключений в цепях до отключения источника тока.

3 Постоянно наблюдать за работой станка с ЧПУ в процессе работы.

4 Перед установкой деталей на станок удалять заусенцы. При установке инструмента проверять его исправность. Перед пуском станка убедиться, что его пуск безопасен.

5 Запрещается во время работы станка снимать ограждения и предохранительные устройства, а также держать их открытыми. Во время работы не касаться руками вращающихся частей станка, деталей и инструмента, не вводить

руки в зону движения детали и режущего инструмента.

6 Все подготовительные работы на станках с ЧПУ проводить в их обесточенном состоянии или в режиме «Наладка».

7 Устанавливать только те детали, масса и габариты которых соответствуют паспортным данным станка. Детали должны устанавливаться правильно и надежно закрепляться.

8 При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении искрения, запаха горелой изоляции и т. д. немедленно отключить источник электропитания и сообщить об этом преподавателю.

Требования безопасности по окончании работы

1 Полностью выключить станки и оборудование.

2 Привести в порядок рабочее место: убрать станок от стружки, окалины и грязи; вытереть станок и другое оборудование.

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

1 Лабораторная работа № 1. Изучение структуры, компонентов и работы учебного роботизированного комплекса

Цель работы: ознакомление с основными узлами и элементами учебного роботизированного комплекса; приобретение практических навыков управления станком и роботом в ручном режиме.

1.1 Лабораторное оборудование

Роботизированный технологический комплекс – сверлильно-фрезерный станок с ЧПУ Optimill BF 20 Vario, промышленный робот РМ-01.

ARPS (Advanced Robot Programming System) – системная программа управления промышленным роботом РМ-01.

1.2 Общие сведения об обрабатываемом оборудовании РТК

Характеристика оборудования: станок – сверлильно-фрезерный станок с ЧПУ Optimill BF 20 Vario (рисунок 1) [1].

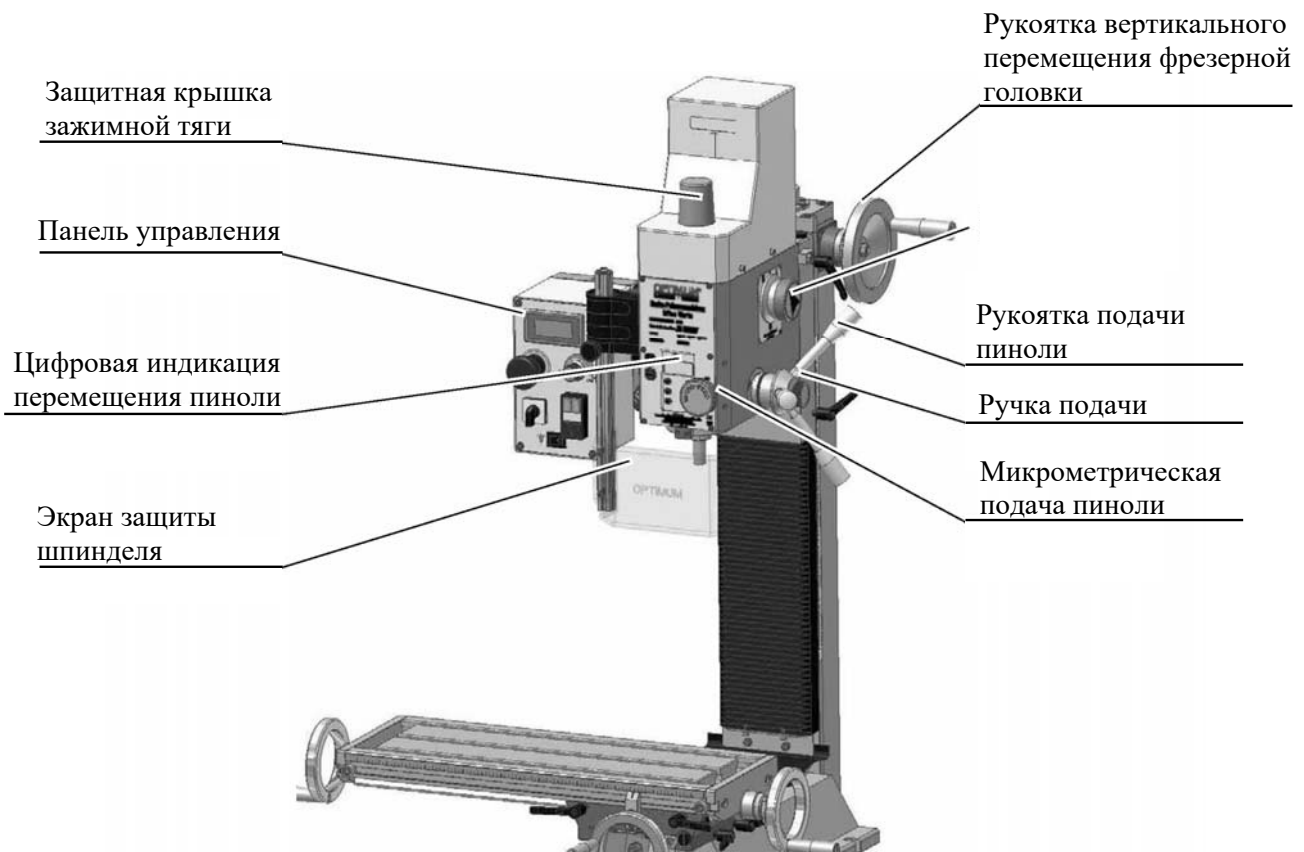


Рисунок 1 – Основные узлы сверлильно-фрезерного станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario

Optimill BF 20 Vario – точный фрезерный станок с электронным управлением оборотами шпинделя и цифровой индикацией подачи пиноли с ценой деления 0,01 мм. Технические характеристики станка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario

Техническая характеристика	Параметр
Двигатель	850 Вт 220 В ~50 Гц
Максимальный диаметр рассверливания в стали (S235JR)	Ø16 мм
Максимальный диаметр сверления в стали (S235JR)	Ø12 мм
Конец шпинделя	MK2 / M10
Максимальный диаметр торцевой фрезы	Ø 63 мм
Максимальный диаметр концевой фрезы	Ø 20 мм
Перемещение пиноли	50 мм
Вылет оси шпинделя	185 мм
Поворот головы	± 90°
Частота вращения шпинделя (нижний диапазон)	90...1480 мин ⁻¹
Частота вращения шпинделя (верхний диапазон)	150...3000 мин ⁻¹
Привод шпинделя	2-ступенчатый, бесступенчатое регулирование
Размер стола	500 × 180 мм
Размер Т-образного паза / расстояние	12 / 63 мм
Максимальная нагрузка на стол	55 кг
Перемещение по оси X	280 мм
Перемещение по оси Y	175 мм
Перемещение по оси Z	280 мм
Габаритные размеры (Д × Ш × В)	745 × 565 × 935 мм
Масса станка	103 кг

Особенности станка:

- высокая точность вращения – радиальное биение шпинделя менее 0,01 мм;
- два режима подачи пиноли: грубая и точная микрометрическая;
- точные и надежные направляющие типа «ласточкин хвост», регулируемые клиновыми планками;
- поворотная на $\pm 90^\circ$ фрезерная головка с возможностью работы в любом промежуточном положении;
- защищенная кожухом направляющая фрезерной головки;
- регулируемые гайки на всех ходовых винтах, позволяющие полностью устранить люфт;
- короткая кинематическая цепь, надежный электродвигатель.

Блок панели управления станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario представлен на рисунке 2.

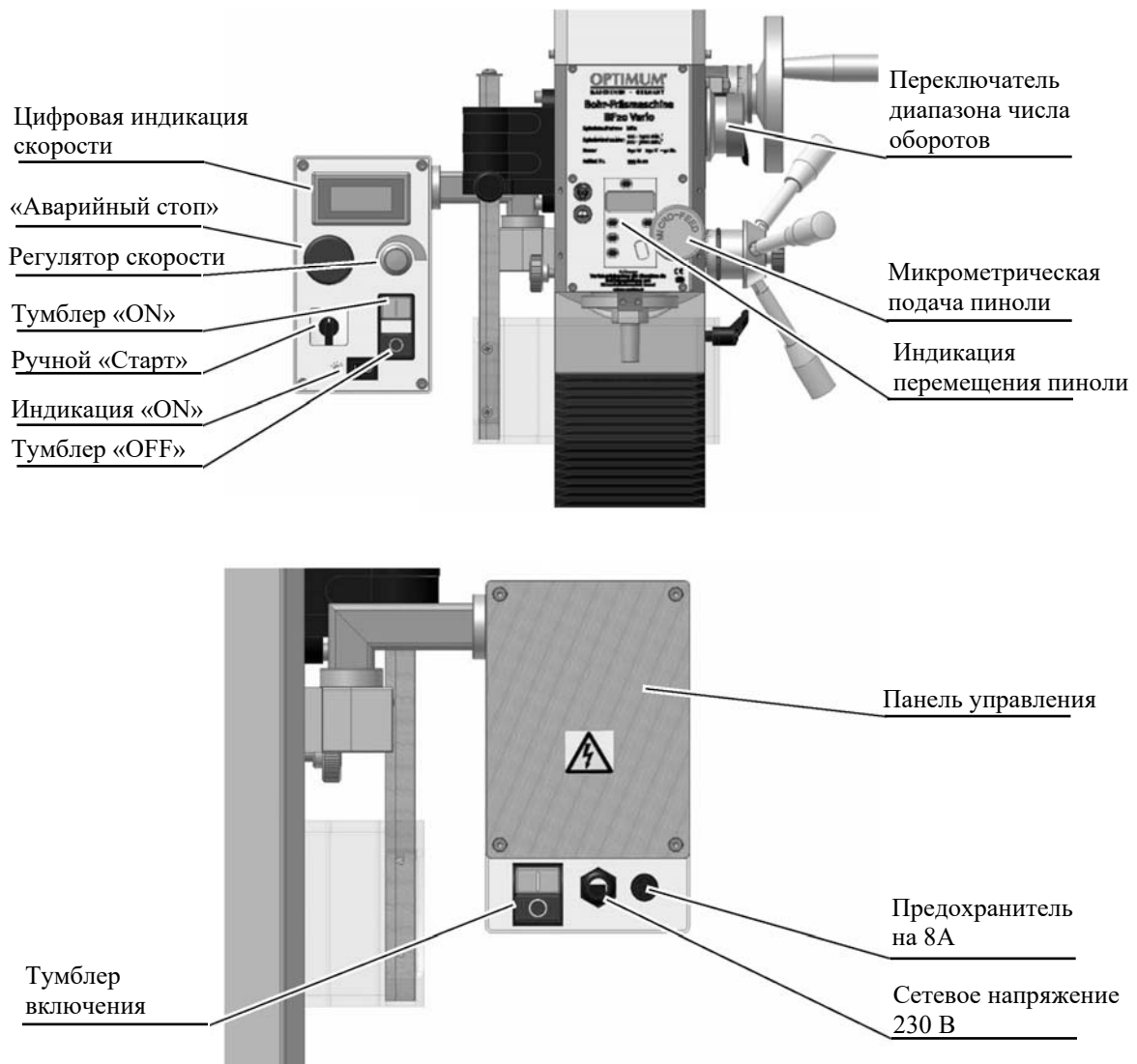


Рисунок 2 – Блок панели управления станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario

1.3 Общие сведения о манипуляторе промышленного робота РМ-01

Робот РМ-01 состоит из двух частей: манипулятора («руки») модели «PUMA-560» и системы управления модели «СФЕРА-36», соединённых кабелями [2].

Манипулятор «PUMA-560» – антропоморфный манипулятор с шестью степенями подвижности, способный выполнить самые разные движения. Звенья манипулятора соединяются друг с другом в суставах и вращаются вокруг осей систем координат, идущих через центры суставов.

Звенья манипулятора представлены на рисунке 3. В состав звеньев входят следующие приводы и зубчатые передачи. Степени подвижности манипулятора показаны на рисунке 4.

Каждое звено имеет свой следящий привод постоянного тока с постоянным магнитом. Трансмиссия осуществляется через зубчатые редукторы.

Текущее положение манипулятора определяется в отношении известного исходного (абсолютного) положения. Установка абсолютного положения (ка-

либровка) производится с помощью потенциометров. Калибровка должна быть выполнена каждый раз после включения питания робота.

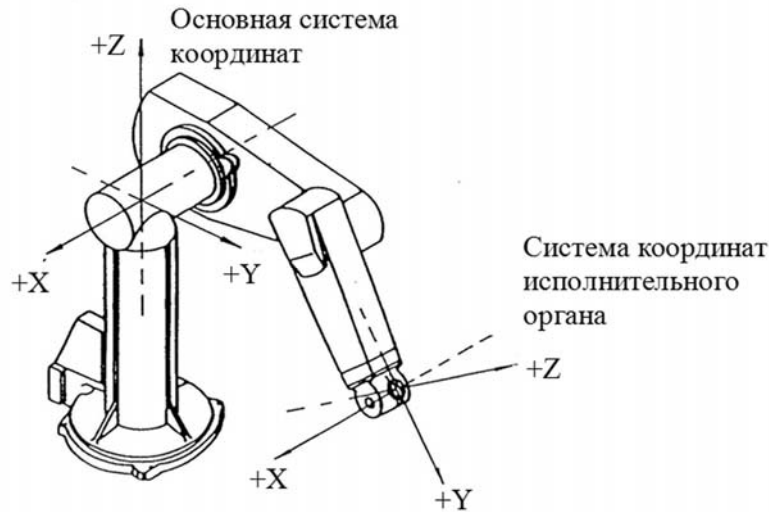


Рисунок 3 – Звенья манипулятора

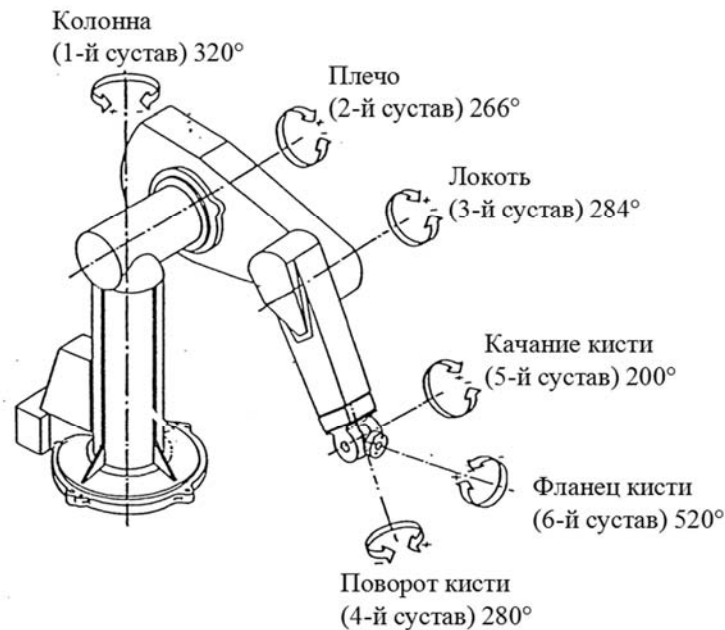


Рисунок 4 – Степени подвижности манипулятора

Для управления движением манипулятора необходимо постоянно контролировать положение и скорость движения звеньев. Для этого на вал каждого серводвигателя установлены потенциометр и импульсный фотоэлектрический датчик. Вращение датчика обеспечивается от вала самого двигателя через скользящую муфту. Сигналы от датчиков индицируют положения звеньев, а скорость вычисляется на основе этих сигналов.

Серводвигатели оснащены электромагнитными тормозами, которые включаются при выключении питания двигателей. При этом манипулятор блокируется в том положении, в котором он стоял в момент выключения питания. Тор-

моза включаются также при случайном пропадании питания. Для техобслуживания и ремонта тормоза могут быть выключены, и тогда манипулятор можно двигать вручную.

1.4 Системы координат робота

Для обеспечения легкости программирования манипулятор имеет две системы координат, в отношении которых он движется: основную систему координат и систему координат инструмента.

Основная система координат.

Основная система координат состоит из трех перпендикулярных друг к другу осей (X , Y и Z), пересекающихся в плече манипулятора (см. рисунок 3). Основная система координат не движется при перемещений звеньев манипулятора. Она используется, например, при обучении робота новым точкам. В ручном режиме WORLD, нажимая кнопки X , Y и Z пульта ручного управления, оператор может перемещать инструмент прямолинейно по осям. Обучение легко производится, поскольку отдельные степени подвижности не требуют индивидуального управления.

Система координат инструмента.

Данная система также состоит из трех осей, но они пересекаются не в плече, а во фланце кисти. Система координат движется с фланцем по движениям манипулятора. Система координат инструмента может эффективно использоваться при обучении. С пульта ручного управления выбирается режим TOOL. Нажатием кнопок X , Y и Z , оператор перемещает конец инструмента прямолинейно по осям системы координат инструмента. Нет необходимости управлять каждой степенью подвижности отдельно. Например, сверление производится вращением инструмента в направлении оси Z .

1.5 Системная программа на языке ARPS

Управление промышленным роботом осуществляется с использованием системной программы ARPS (Advanced Robot Programming System). Данная программа записана в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) центральной ЭВМ. При включении питания системы управления системная программа ARPS автоматически включается, и робот готов воспринимать команды оператора с клавиатуры.

1.6 Обучение робота и выполнение программы

Обучение может производиться двумя различными способами. При первом способе манипулятор с помощью пульта ручного управления управляется с точки в точку. Одновременно данные точки запоминаются в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) системы управления нажатием кнопки STOP ручного пульта. При запуске программы робот выполняет ее, повторяя точки в той последовательности, в которой они были обучены.

Во втором способе оператор записывает программу в ОЗУ с клавиатуры, используя команды языка ARPS.

Самый эффективный способ обучения робота РМ-01 – смешанный способ.

1.7 Устройство управления промышленным роботом РМ-01

«Сфера-36» – электрическая система управления на микропроцессорах.

Система управления размещена в стойке (рисунок 5). Основные модули системы управления отмечены на рисунке 5.

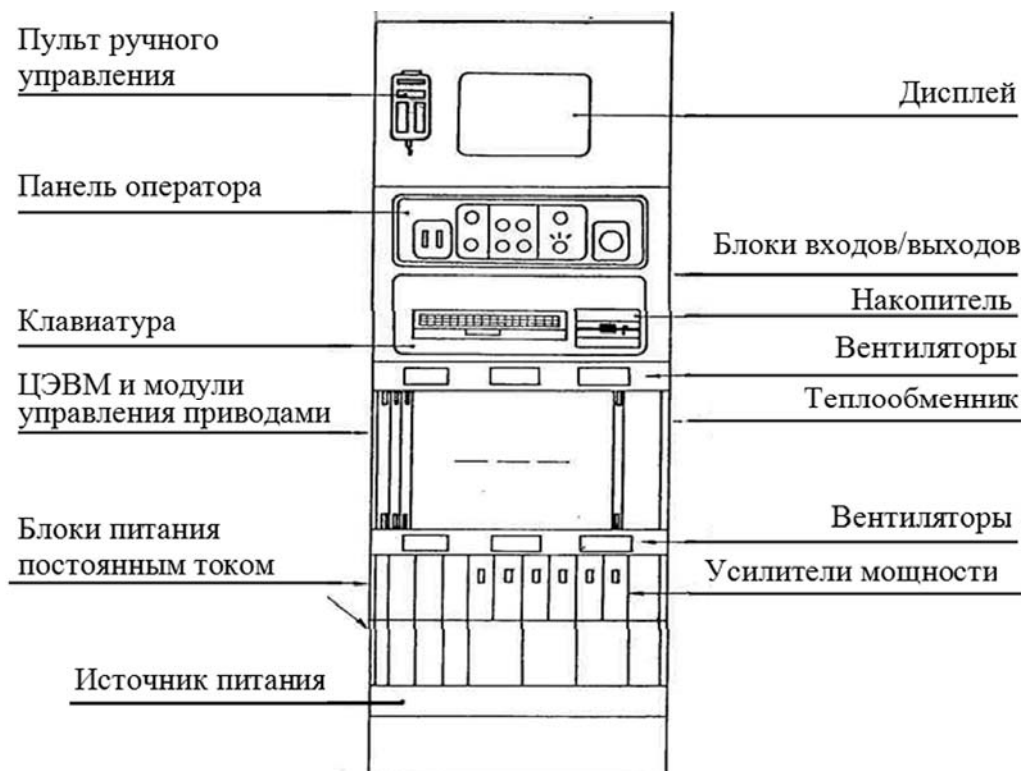


Рисунок 5 – Основные модули системы управления «СФЕРА-36»

Центральная ЭВМ и процессоры управления приводами.

ЦЭВМ является главным модулем системы управления. Она вычисляет траекторию манипулятора и обменивается информацией через комплектующие устройства.

Основные модули ЦЭВМ:

- модуль центрального процессора, длина слова – 16 бит;
- модули последовательного интерфейса для связи с комплектующими;
- модули параллельного интерфейса для связи с модулями управления, приводами и модулями входа/выхода;
- модуль ППЗУ, хранящий системную программу ASPS. Содержимое ППЗУ не стирается при выключенном питании системы управления;
- модуль ОЗУ для записывания программ пользователя. ОЗУ имеет резервное питание от аккумуляторов, благодаря чему содержимое его не сбрасывается даже при длительных обрывах в питании;

– модуль АЦП для выполнения калибровки.

Панель управления.

На панели управления размещены все переключатели, кнопки и сигнальные лампочки, нужные при эксплуатации робота, а также клавиатура для программирования робота.

Усилители мощности.

Усилители мощности служат для управления приводами манипулятора. Усилители содержат электронную схему защиты от перезагрузки.

Первичный источник питания.

Через этот блок осуществляется электропитание стойки управления. Блок питания содержит главный предохранитель, ряд индивидуальных предохранителей, главный контактор, фильтр шума и разъем для нужд техобслуживания.

Источники постоянного тока.

Эти блоки генерируют необходимые для работы системы управления градации постоянного тока. Блок питания манипулятора током +40 В расположен с задней стороны стойки управления.

Блок вентиляции.

Блок вентиляции служит для поддержания температуры (достаточно низкой) внутри стойки управления для обеспечения надежной работы системы управления.

Пульт ручного управления.

Пульт ручного управления используется для управления манипулятором путем перемещения либо отдельных сочленений, либо средней точки фланца кисти по координатным системам робота.

Входы и выходы для связи с внешними устройствами.

С помощью входных и выходных каналов обеспечивается электрическая связь робота с различными внешними устройствами, например, концевыми и ручными выключателями, сигнальными лампами, вентилями, программируемыми логическими контроллерами, ЭВМ, другими роботами.

Через выходные каналы робот может управлять работой внешних устройств, например, станков, конвейеров и т. д.

Порядок выполнения работы

1 Изучить назначение клавиш и органов управления станком.

2 Получить у преподавателя индивидуальный вариант задания, связанный с выполнением действий со станком в ручном режиме управления.

Вариант 1: измерение времени включения и загрузки.

Вариант 2: измерение времени привязки осей.

Вариант 3: измерение времени позиционирования револьверной головки в позицию T1.

Вариант 4: измерение времени отработки программы.

Вариант 5: ручное перемещение в исходную точку.

Вариант 6: измерение времени на смену заготовки.

3 Ознакомиться с порядком проведения измерений, выучить последовательность действий.

4 По команде преподавателя выполнить измерения соответствующей составляющей нормы времени.

5 Обработать результаты измерений.

6 Изучить манипулятор и системы координат робота.

7 Изучить устройство управления роботом.

8 Ознакомиться с работой системы управления.

9 Окончательно оформить отчет по работе для защиты.

Содержание отчёта

1 Цель лабораторной работы.

2 Основные элементы станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario.

3 Управление станком – описать основные приемы, связанные с включением станка и ручными перемещениями.

4 Действия по выполнению элемента операций с графическим указанием клавиш и описанием их назначения, расположенных в порядке их использования.

5 Степени подвижности манипулятора РМ-01.

6 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Назначение клавиш и органов управления станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario.

2 Звенья и степени подвижности манипулятора робота РМ-01.

3 Модули системы управления.

4 Функциональная схема робота.

5 Управление манипулятором.

2 Лабораторная работа № 2. Анализ номенклатуры, разработка роботизированной групповой технологической операции механической обработки деталей на РТК

Цель работы: приобретение практических навыков разработки групповой технологической операции обработки деталей типа тел вращения на основе детали-представителя в условиях роботизированного производства.

2.1 Общие сведения об оборудовании, используемом в роботизированном производстве

Групповой технологической процесс представляет собой совокупность групповых технологических операций, обеспечивающих изготовление различных деталей группы по общему технологическому маршруту.

Разработка групповых процессов изготовления деталей может базироваться на трех методах группирования:

1) по комплексу признаков (общие элементарные поверхности и схемы установки);

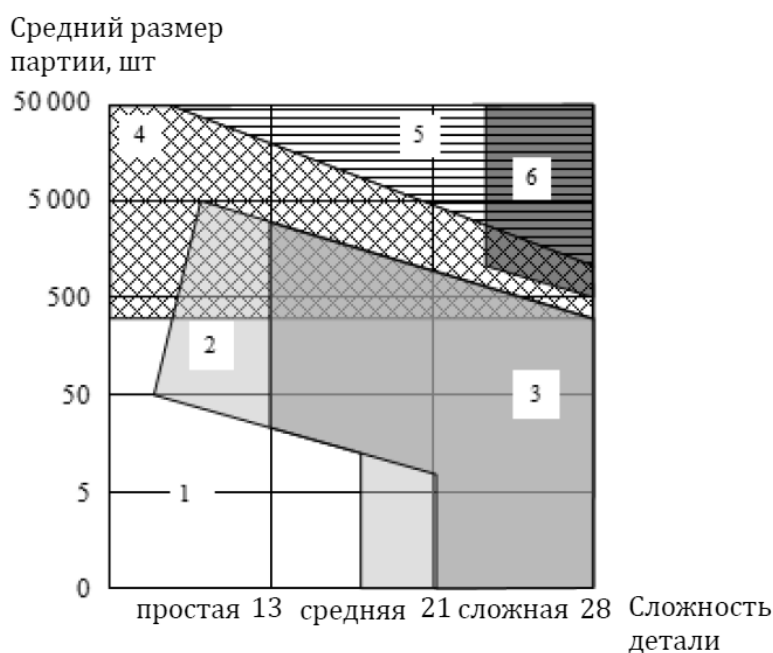
2) по типам оборудования и общности наладки с разработкой комплексной детали;

3) по конструкторско-технологическому сходству (основа – типовой технологический процесс с групповым содержанием операций) [10].

Важным следствием использования промышленных роботов является улучшение загрузки технологического оборудования всех видов и повышение качества выпускаемой на производстве продукции.

Промышленные роботы позволяют автоматизировать не только вспомогательные работы (подъемно-транспортные, складские, погрузочно-разгрузочные), но и некоторые основные операции (сварку, клепку, сборку и окраску деталей, узлов и машин).

Области экономической эффективности использования различного оборудования приведены на рисунке 6.



1 – универсальные; 2 – станки с ЧПУ; 3 – обрабатывающие центры (ОЦ); 4 – одношпиндельные автоматы; 5 – многошпиндельные автоматы; 6 – специальные автоматы

Рисунок 6 – Области экономической эффективности различных токарных станков

В таблице 2 приведена классификация различных видов сложных автоматизированных систем и их структурных составляющих в зависимости от номенклатуры выпускаемых изделий.

В таблице 3 представлены ориентировочные характеристики систем механообработки деталей типа тел вращения.

Таблица 2 – Классификация различных видов сложных автоматизированных систем и их структурных составляющих в зависимости от номенклатуры выпускаемых изделий

Автоматизированная операция, процесс	Станок с ЧПУ	ОЦ	РТК	Автоматическая линия			ГПС
				непереналаж.	переналаж.	гибкая переналаж.	
Обработка	+	+	+	+	+	+	+
Загрузка-выгрузка детали	–	+/-	+	+	+	+	+
Смена инструмента	+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+
Контроль обработки	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+
Обработка деталей, номенклатура которых аналогична предусмотренной на стадии проектирования	+	+	+/-	–	–	+	+
Обработка деталей, номенклатура которых отлична от предусмотренной на стадии проектирования	+	+	+/-	–	–	–	+

Таблица 3 – Ориентировочные характеристики систем механообработки тел вращения

Характеристика	Организационная структура и тип производства					
	У	ЧПУ	РТК	ГПС	ПАЛ	АЛ
Номенклатура N , наименований деталей	–	>100	50...500	4...100	2...10	1...2
Размер партии запуска Q , шт.	< 20	20...500	40...1000	20...2000	> 300	>1000
Годовая прогр. выпуска N , тыс. шт.	< 10	10	20	50	100	>100
Коэффициент загрузки K_z	0,4	0,5	0,6	0,85	0,7	0,9
Коэффициент сменности $K_{см}$	2	2	2	3	3	3
Коэффициент многостан. $K_{мн}$	1	2	2	2,5	2	4
Коэффициент пов. техн. пр-ти $K_{пр}$	1	5	8	10	30	50
Годовой фонд шт-к времени F , ч	1200	1400	1700	3700	3100	4000
Время обр. с 1 установка $T_{обр}$, мин	10	4	6	6	2	1
Число установов на 1 дет. $Ч_{уст}$	5	3	2	2	3	8
Время переналадки $T_{пер}$, ч	1	4	12	2	32	–
Число инструментов за 1 устан., шт.	4	6	6	6	30	10
Доля $T_{обр}$ в $T_{ц}$ $K_{цц}$, %	5	10	20	60	40	80
Время перестройки на новую номенклатуру $T_{прс}$, мес.	0,1	1	4	6	–	–
Срок разраб. и ТПП, лет	0,1	0,5	1,5	2,5	3	3
Площадь, отнесенная к 1 РМ $S_{рм}$, м ²	15	30	50	80	60	50
Стоимость 1 РМ $Ц_{рм}$, тыс. у. е.	20	50	100	200	500	500
Запас заготовок, смен	–	10	4	3	1	0,25

2.2 Разработка альтернативных вариантов структуры для ГПС и РТК

В качестве альтернативы необходимо сравнить один вариант робототехнического комплекса (РТК) (рисунок 7) и два варианта гибкой производственной системы (ГПС) (рисунки 8 и 9).

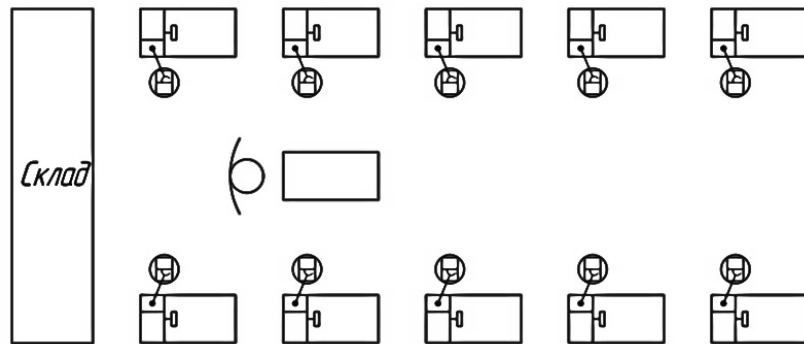


Рисунок 7 – Структура РТК

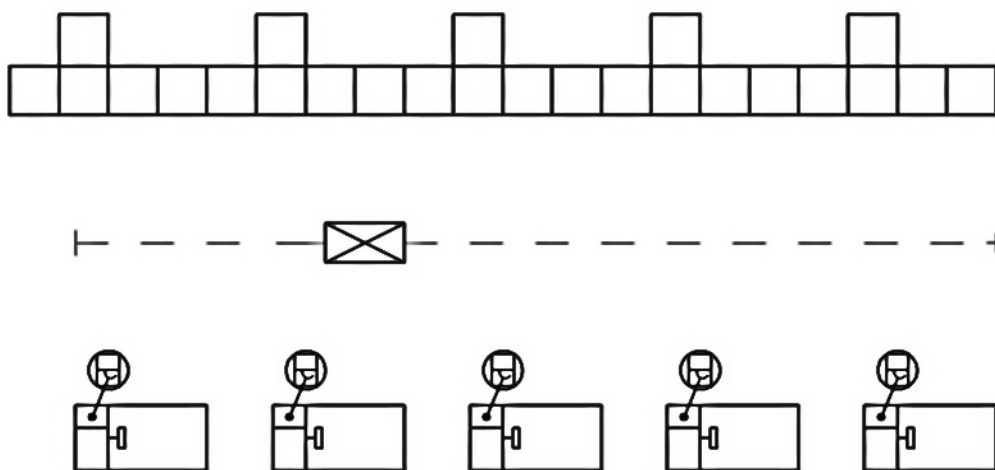


Рисунок 8 – Структура ГПС 1

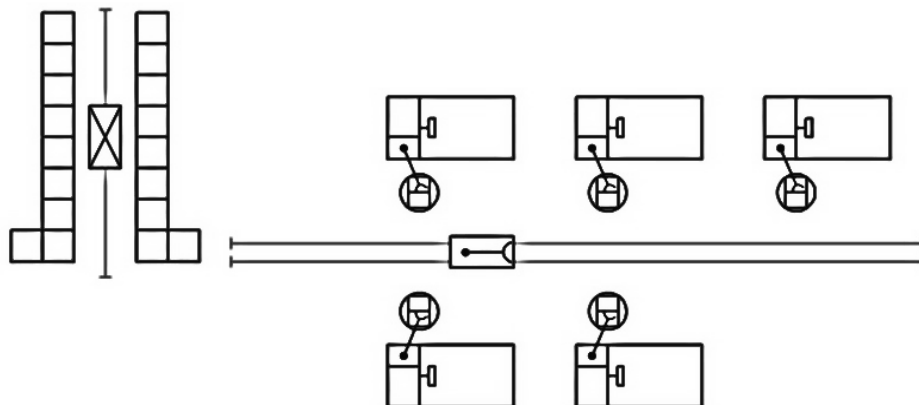


Рисунок 9 – Структура ГПС 2

Описание работы структур.

РТК. Транспортировку деталей осуществляет рабочий с тележкой. Рабочий устанавливает детали на поворотный стол, откуда робот забирает заготовки и возвращает обработанные изделия.

ГПС1. Транспортировку деталей осуществляет кран-штабелер. Передача деталей с транспортера и на него осуществляется через поворотный стол. Преимуществом данной компоновки является то, что для переноса деталей на склад не требуется отдельного транспортера. Складирование деталей производит штабелер.

ГПС2. Робот осуществляет установку и снятие деталей со станков. Транспортировка паллет с заготовками к станкам и готовых деталей на склад осуществляется с помощью автоматизированной рельсовой тележки с роботом-перегрузателем. Складирование деталей производит штабелер.

Во всех компоновках использованы многоцелевые обрабатывающие центры. Вспомогательное оборудование представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Вспомогательное оборудование

Параметр	Компоновка		
	ГПС1	ГПС2	РТК
Модель станка	Обработывающий центр		
Число станков	5	5	10
Транспортная система	–	ПНЦ-32	–
Модель робота	НЦТМ-03	НЦТМ-03	НЦТМ-03
Число роботов	5	5	10
Автоматизированный склад	СА-100	–	
Загрузочно-разгрузочные устройства	Поворотные столы	Поворотные столы	Поворотные столы
Модель тележки	–	НЦТМ-25-03	–

Анализ работы систем (РТК, ГПС) провести методами теории массового обслуживания (ТМО), рассматривая производственную систему как СМО следующего класса: разомкнутая, многоканальная, однофазная, с ожиданием (рисунок 10).

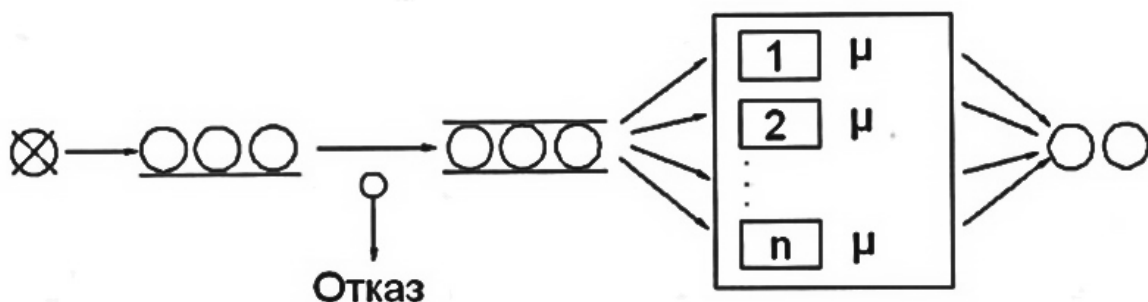


Рисунок 10 – Схема разомкнутой многоканальной СМО с ожиданием

Разомкнутая, т. к. изделия после обработки навсегда покидают ПС, а источник неиссякаем; многоканальная, т. к. параллельно работают несколько рабочих позиций и изделие поступает на свободную; с ожиданием, т. к. в случае занятости всех РП изделия не покидают ПС, а скапливаются в накопителе.

Элементы ТМО:

- узел обслуживания – ПС в целом;
- прибор – РП;
- заявки – изделия;
- число мест ожидания – емкость входного накопителя.

Система разомкнутая, многоканальная. Емкость накопителя – бесконечная.

Транспортно-накопительную систему нужно рассматривать как систему массового обслуживания следующего класса: замкнутая, одноканальная, с ожиданием. Замкнутая, т. к. РП, обслужившись, через некоторое время опять выставляют заявки. Одноканальная, т. к. транспортная единица (ТЕ) одна; с ожиданием, т. к. РП ждут обслуживания в любом случае (рисунок 11).

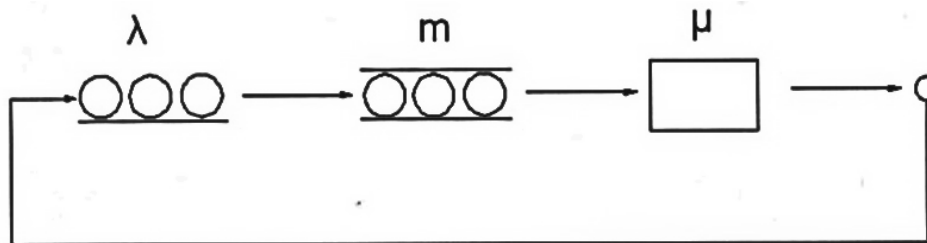


Рисунок 11 – Схема замкнутой одноканальной СМО с ожиданием

Элементы ТМО:

- прибор – ТЕ;
- заявки – требования от РП на транспортное обслуживание;
- объекты, выставляющие заявки – РП.

Исходные данные:

- $N = 5$ (РП), $n = 1$ (ТЕ);
- оперативное время обработки на РП – $3,8466 = 3,85$ мин;
- емкость транспортной оснастки (ТО) $Q_m = 10$ шт.;
- средняя длина пути $S = 30$ м (для ГПС1) и 20 м (для ГПС2);
- скорость ТЕ $V = 60$ м/мин;
- время приемки или выдачи ТО складом $T_{скл} = 1$ мин;
- время перегрузки $T_n = 0,5$ мин.

Порядок выполнения работы

1 На основе полученных от преподавателя чертежей типовых деталей тел вращения подобрать необходимое оборудование роботизированного производства для групповой технологической операции в зависимости от программы выпуска.

2 Для выбранного типа оборудования разработать групповую технологическую операцию обработки детали, определиться с количеством установов, переходов. Приблизительно оценить основное время выполнения операции [9].

3 Выполнить анализ ПС и ТНС на основе методов ТМО [8].

4 Выполнить анализ структурной надежности ПС.

5 Окончательно оформить отчет по работе для защиты.

Содержание отчёта

1 Цель лабораторной работы.

2 Эскиз детали представителя для групповой технологической операции.

3 Анализ технологичности детали и предложения по изменению конструкции.

4 Выбор типа оборудования. Структура операции. Нормы времени по переходам.

5 Сравнительный анализ подвариантов структуры производственной системы на основе методов теории массового обслуживания.

6 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1 Характеристики различных типов производств. Применяемое оборудование.

2 Дайте определение РТК. В чем его отличие от ГПМ?

3 Что такое групповой технологический процесс, групповая операция?

4 Приведите основные этапы технологической подготовки роботизированного производства.

5 Какие требования предъявляются к заготовке и к конструкции деталей в автоматизированном производстве?

6 Каким требованиям должна удовлетворять типовая деталь?

7 Основные понятия теории массового обслуживания: вероятность простоя прибора, интенсивность обслуживания, интенсивность поступления заявок, среднее число заявок прибора в очереди и в обслуживании.

8 Надежность элементов производственной системы.

3 Лабораторная работа № 3. Наладка станка и программирование промышленного робота для работы в составе РТК

Цель работы: приобретение навыков наладки станка с ЧПУ Optimill BF 20 Vario и составления простейших программ для управления промышленным роботом RM-01.

3.1 Лабораторное оборудование

Роботизированный технологический комплекс – сверлильно-фрезерный станок с ЧПУ Optimill BF 20 Vario, промышленный робот PM-01.

ARPS (Advanced Robot Programming System) – системная программа управления промышленным роботом PM-01.

3.2 Сведения о технологических особенностях выполнения сверлильной операции

Основные правила выполнения операции сверления отверстий сводятся к следующему.

1 Устанавливать и закреплять заготовки на сверлильном станке следует как можно ближе к плоскости его стола. Однако при сверлении сквозных отверстий сверло должно иметь свободный выход из просверленного отверстия, поэтому при сверлении сквозных отверстий заготовки, обрабатываемые не в кондукторах, надо устанавливать на подкладку с отверстием.

2 При креплении заготовки непосредственно на столе станка следует, по возможности, применять боковые, а не верхние прижимы, что сокращает вылет сверла и создает более благоприятные условия для его работы.

3 Сверло к заготовке подводить только после включения вращения шпинделя и так, чтобы оно легко коснулось поверхности заготовки, иначе могут выкрошиться режущие кромки сверла.

4 Не останавливать вращения шпинделя в то время, когда сверло находится в отверстии: сначала надо вывести сверло, а затем выключить вращение шпинделя или остановить станок, в противном случае сверло может сломаться.

5 При появлении во время сверления скрежета или визга в результате перекоса или износа сверла немедленно прекратить подачу, вывести сверло и остановить станок.

6 Отверстие диаметром более 25 мм в сплошном металле сверлить за два перехода (с рассверливанием или зенкерованием).

7 Сверление производить только по режимам, указанным в технологических картах или определенным по таблицам в справочниках.

3.3 Сведения о программировании обработки

Последовательность перемещений инструмента, его смена, скорость вращения шпинделя при автоматической обработке детали на станке с ЧПУ задаются программной последовательностью действий. Любая программа состоит из последовательности кадров. Кадр состоит из набора слов, каждое из которых состоит из адреса и цифрового значения.

Программирование начинается с номера первого кадра (N1) и заканчивается командой «конец информации» или «конец программы», записываемой в виде отдельного кадра (M30).

Каждый кадр имеет начало, задаваемое по адресу N, и конец в виде слова

ПС (не обязательно для различных систем ЧПУ). Порядок расположения остальных слов в кадре зависит от конкретной системы ЧПУ.

Перемещения инструмента по осям. Перемещения можно задавать в абсолютной (G90) и относительной (G91) системах координат. В абсолютной системе координаты точек траектории инструмента записываются относительно нуля детали. Каждая точка траектории является вершиной режущей части инструмента.

Для того чтобы задать перемещение инструмента по этим осям, используются соответствующие адреса X, Y (по оси X, Y) и Z (по оси Z). Для задания движения на рабочей подаче используется функция G01, а на ускоренном ходу G00.

Указание режимов резания. Число оборотов задаётся адресом S. Скорость рабочей подачи инструмента задаётся по адресу F.

Выбор инструмента. В программе по адресу T указывается номер инструмента.

3.4 ARPS (*Advanced Robot Programming System*)

Усовершенствованная система программирования робота – это система на базе вычислительной машины, предназначенная для управления роботом таким образом, что задание вида работы, выполняемой роботом, осуществляется посредством введения программ в ЭВМ. Возможность программирования, обеспечиваемая системой ARPS, позволяет обучить робота быстро и аккуратно выполнять простые и сложные операции.

Программирование осуществляется путем записи с клавиатуры видеотерминала инструкций, предназначенных для управления роботом. Пульт ручного управления используется для обучения робота программируемыми точкам позиционирования. С помощью линий входа/выхода робот может управлять различным оборудованием.

Операционная система ARPS постоянно хранится в программируемом постоянном запоминающем устройстве (ППЗУ) устройства управления. Она содержит инструкции управления роботом, а также ряд вспомогательных функций, с помощью которых выполняется программирование робота методом обучения. Обеспечена возможность составления новых программ во время работы робота. Целесообразно составить ряд программ общего использования (библиотеку подпрограмм), например, для операции загрузки-разгрузки, круговой ин-терполяции и т. д. Комбинирование этих библиотечных программ позволяет быстро программировать робота для выполнения более сложных задач и экономить время, необходимое для отладки программ.

3.5 Формат команд и директив

Обычный формат команд и директив имеет вид:

КОМАНДА аргумент 1, аргумент 2,

КОМАНДА представляет собой последовательность символов, иллюстрирующих операцию, которую следует выполнить. Инструкции могут состоять как из одной части (например, BASE), так и из двух частей (например, ZERO MEMORY), и очень часто могут быть сокращены до одного, двух или трех символов.

Аргумент 1, аргумент 2, ... – переменные, точки, величины углов и т. д., связанные с командой. Вид и количество аргументов колеблются в зависимости от конкретной команды.

Программа робота представляет собой группу команд, находящуюся в ЗУ блока управления, которая управляет движениями робота и контролирует их. Программе составленной из любого числа символов, можно дать наименование. В качестве этих символов могут быть буквы A...Z, числа 0...9 и точка (.). Программы записываются в ЗУ блока управления с помощью команд редактора, после чего можно инициализировать ее выполнение с помощью мониторной директивы RUN.

3.6 Запись программы ARPS

Требуется обучить робота простой задаче – переместить деталь. Эту задачу робот может выполнить с помощью следующих отдельных операций:

- переместиться над деталью;
- переместиться вплотную к детали;
- сжать захват;
- поднять деталь;
- переместиться в точку над тарой;
- переместиться вплотную к таре;
- разжать захват;
- переместиться обратно в точку над тарой.

Вышеуказанная последовательность программного цикла может повторяться столько раз, сколько требуется при условии, что новая заготовка (деталь) автоматически устанавливается вместо предыдущей и старая заготовка убирается из тары, куда робот ее положил.

Для того чтобы заставить робота выполнять приведенную выше программу, необходимо записать эту программу, используя язык программирования ARPS.

3.7 Выполнение программы на языке ARPS

Первая задача перед запуском робота – установить подходящую для данной программы величину скорости перемещения. Установка скорости осуществляется командой SPEED.

Когда установлено требуемое значение скорости, программа может быть запущена. Перед этой операцией, однако, следует разжать захват нажатием кнопки OPEN на пульте ручного управления, поскольку при составлении программы предполагалось, что сначала захват разжат.

Программа снова запускается командой RUN.

3.8 Группы программных команд

Команды для определения точек.

HERE – точка – записывает в значение координат точки текущую позицию.

FRAME – точка 1 = точка 2, точка 3, точка 4, <точка 5> – формирует плоскость, проходящую через точки 2, 3 и 4.

LOCATE – точка 1 = < INVERSE > точка 2 – вычисляет значение точки 2 и устанавливает результат в точку 1.

SHIFT – точка = <dx>, <dy>, <dz> – сдвигает местоположение данных точек.

DISTANCE <переменная> = точка 1, точка 2 – вычисляет расстояние точки 1 и точки 2 в миллиметрах.

Команды ветвления.

JUMP – выполнение ветвления в строке, задаваемой меткой.

IF <INGROUP> <переменная> стр <INGROUP> <переменная> 2 THEN JUMP label – программа ветвится в строку, заданную меткой, если справедливо условие между переменной 1 и переменной 2.

IF IN INPUT; <вход>, <вход>, <вход>, <вход> then JUMP – программа ветвится в строку, заданную меткой, если корректно состояние входных проводов/шин.

CALL – переход на подпрограмму.

RETURN <переменная> – программа возвращается после выполнения подпрограммы.

Команды управления манипулятором.

GO – перемещает манипулятор в заданную точку по интерполированной траектории шарниров.

GOS – перемещает манипулятор прямолинейно в заданную точку.

GO&OPEN – разжимает схват манипулятора и перемещает манипулятор в заданную точку вдоль по интерполированной траектории шарниров.

GO&CLOSE – сжимает схват и перемещает его вдоль интерполированной траектории шарниров в заданную точку.

GOS&OPEN – разжимает схват и перемещает его в заданную точку по прямолинейной траектории.

GOS&CLOSE – сжимает схват и перемещает его в заданную точку по прямолинейной траектории.

GONEAR – перемещает манипулятор на заданное расстояние от точки вдоль интерполированной траектории шарниров.

GOSNEAR – перемещает манипулятор на заданное расстояние от точки вдоль прямолинейной траектории.

GOS&WEAVE – перемещает манипулятор в заданную точку вдоль прямолинейной траектории, дополнительно придавая манипулятору колебание, вводимое командой WEAVE.

MOVE <dx>, <dy>, <dz> – перемещает манипулятор относительно основной системы координат вдоль интерполированной траектории движения шарниров.

MOVES <dx>. <dy>. <dz> – перемещает манипулятор относительно основной системы координат вдоль прямолинейной траектории.

TMOVE <dx>, <dy>, <dz> – перемещает манипулятор относительно системы координат инструмента по интерполированной траектории шарниров.

TMOVES <dx>, <dy>, <dz> – перемещает манипулятор относительно системы координат инструмента по прямолинейной траектории.

MOVE JOINT <шарнир, угол> – перемещает отдельный шарнир манипулятора.

ALIGN – выравнивает ось Z системы координат робота в направлении ближайших осей X, Y, Z основной системы координат.

GO READY – перемещает манипулятор в специальное положение.

Команды установки скорости движения манипулятора.

SPEED <скорость> – задает базовую скорость движения манипулятора.

SPEED <% масштабный коэффициент скорости> – устанавливает масштабный коэффициент скорости движения манипулятора.

SPEED NEXT <скорость> – задает скорость следующей команды перемещения манипулятора.

Команды управления схватом манипулятора.

OPEN – разжимает хват манипулятора.

CLOSE – сжимает хват манипулятора.

ODELAY <время> – устанавливает время пребывания схвата манипулятора открытым.

CDELAY <время> – задает время пребывания схвата манипулятора закрытым.

Команды управления входами/выходами.

OUTGROUP – группа = <INGROUP> число 1 <арифм.опер.> <INGROUP> число 2 – устанавливает 16-канальный порт выходов.

OUT – выход, <выход>, <выход>, <выход> – управляет выходными линиями.

RUNOUT – выход, <выход>, <выход>, <выход> IF IN <вход>, <вход>, <вход>, <вход> THEN JUMP – тестирует отдельные входные линии.

WAIT IN – вход, <вход>, <вход>, <вход> – ожидает нужной комбинации входных линий.

INCALL – вход, программа <NOBREAK> – разрешает внешние прерывания.

NO INCALL – вход – запрещает внешние прерывания.

Команды управления конфигурацией манипулятора.

J2 RIGHT – определяет правую конфигурацию движения манипулятора.

J2 LEFT – определяет левую конфигурацию движения манипулятора.

J3 UP – определяет конфигурацию «локоть вверх».

J3 DOWN – определяет конфигурацию «локоть вниз».

J5 PLUS – делает положительным угловое значение шарнира 5.

J5 MINUS – делает отрицательным угловое значение шарнира 5.

Команды останова.

STOP <текст>, <число> – прерывает выполнение программы.

HALT <текст>, <число> – прерывает выполнение программы, невозможно продолжить выполнение программы директивой CONTINUE.

EXIT – останавливает выполнение программы в конце текущего числа.

3.9 Разработка роботизированной операции

Роботизированная операция отличается от обычно выполняемой на станках с ЧПУ наличием дополнительных переходов, связанных с автоматическим ориентированием, установом, откреплением-закреплением заготовки, ее транспортированием к операционному накопителю и станку.

Примерный состав переходов роботизированной операции.

1 Транспортный (выполняется ПР): захватить обработанную деталь цанговым захватом методом осевого перемещения руки ПР к станку по программе. Останов робота в этой позиции.

2 Позиционировать: переместить шпиндель станка с оправкой-ключом к торцу зажимной гайки приспособления соосно с оправкой цангового зажима. Установить рабочий режим открепления заготовки.

3 Автоматически открепить заготовку медленным перемещением оправки-ключа вдоль общей с приспособлением оси с вращением шпинделя против часовой стрелки, захватить гайку приспособления и отвернуть ее на пять-шесть оборотов, освободив таким образом заготовку от зажима. Останов шпинделя в таком положении.

4 Транспортный (ПР): снять деталь с оправки приспособления обратным ходом руки ПР, транспортировать ее по программе к операционному накопителю, установить деталь в магазин накопителя, взять новую заготовку, транспортировать ее к приспособлению станка, установить заготовку в приспособление станка.

5 Автоматически закрепить новую заготовку (завернуть на пять-шесть оборотов гайку приспособления медленным вращением шпинделя с оправкой-ключом по часовой стрелке без осевого перемещения).

6 Отвести шпиндель с оправкой-ключом в крайнее заднее положение. Поиск режущего инструмента первого перехода механической обработки.

7 Транспортный (ПР): освободить заготовку обратным ходом руки ПР.

8 Поворот стола на 180° заготовкой к шпинделю станка.

9 Сменить оправку-ключ на режущий инструмент T02 (сверло). Позиционировать.

10 Полный цикл механической обработки заготовки по программе. Останов шпинделя. Поиск инструмента T01 (оправки-ключа).

11 Поворот стола на 180° заготовкой к ПР. Смена инструмента на оправку-ключ (T01).

Далее переходы 1–10 в автоматическом режиме повторяются для установки, закрепления и обработки следующей заготовки.

Порядок выполнения работы

- 1 Изучить особенности выполнения сверлильной обработки.
- 2 Получить у преподавателя заготовки, режущий инструмент.
- 3 Разработать эскизы заготовок с указанием размеров.
- 4 Разработать текст управляющей программы обработки детали.
- 5 Выполнить ввод текста управляющей программы.
- 6 Составить программу для управления движением манипулятора (по заданию преподавателя).
- 7 Произвести запуск и отладку программы.
- 8 Заполнить комплект технологической документации на роботизированную операцию.
- 9 Составить отчет по лабораторной работе и представить его преподавателю для проверки и защиты.

Содержание отчёта

- 1 Цель лабораторной работы.
- 2 Используемое оборудование.
- 3 Чертежи заготовок с указанием размеров деталей.
- 4 Разработать текст управляющей программы.
- 5 Краткое описание системы управления ARPS.
- 6 Описание алгоритма поставленной задачи.
- 7 Текст программы.
- 8 Комплект технологической документации на роботизированную операцию.
- 9 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 В чем состоит отличие роботизированной операции от операций, выполняемых на станках с ЧПУ?
- 2 Состав технологической документации на роботизированную операцию механообработки.
- 3 Структура управляющей программы для станка с ЧПУ.
- 4 Вспомогательные функции G и M.
- 5 Система управления ARPS.
- 6 Составление программы с использованием языка ARPS.
- 7 Переменные и числовые константы. Точечные переменные.

- 8 Мониторные директивы.
- 9 Программные команды.
- 10 Редактирование программы.

4 Лабораторная работа № 4. Определение условий и режима автоматической установки заготовки в РТК

Цель работы: оценка технической возможности и отработка режима автоматической установки заготовок в приспособление многоцелевого станка и операционного накопителя с помощью промышленного робота на основе теоретических расчетов и экспериментальных исследований на действующем РТК.

4.1 Лабораторное оборудование

Роботизированный технологический комплекс – обрабатывающий центр, промышленный робот РМ-01, тактовый стол, оборудованный специальной оснасткой для обработки заданной номенклатуры деталей, специальные индикаторные стойки с индикаторами часового типа ИЧ-10 с ценой деления 0,001 мм (ГОСТ 577–80); штангенциркуль ШЦ-II (ГОСТ 166–80); ключи гаечные.

4.2 Описание лабораторной установки

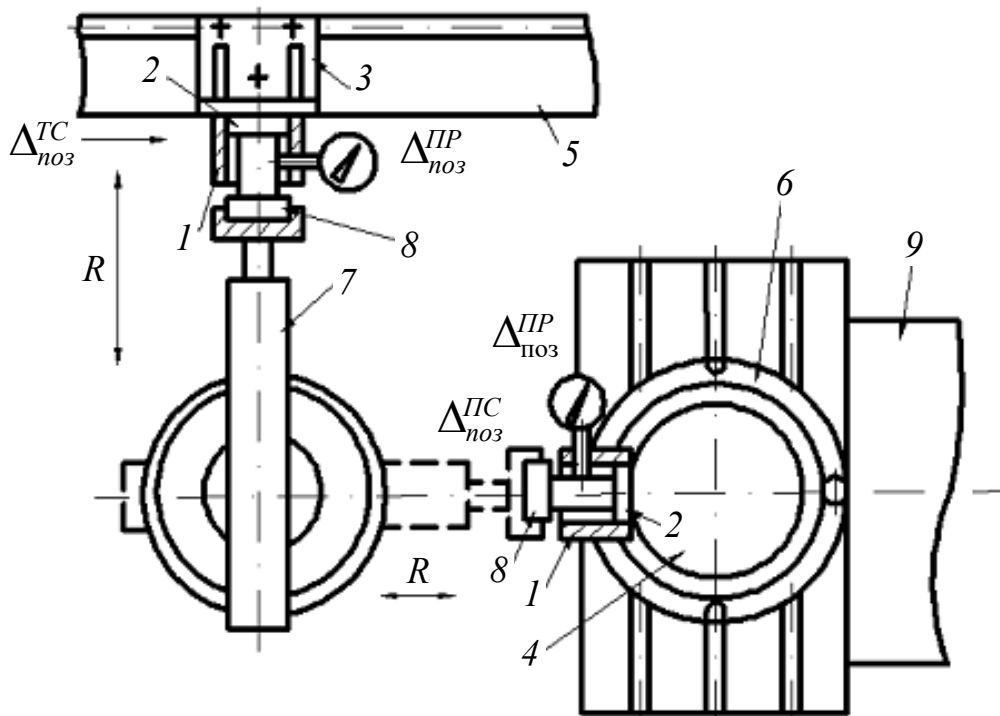
Лабораторная работа выполняется на РТК, схема которого приведена на рисунке 12 [11].

На тактовом столе 5 в одной из стоек накопителя 3 устанавливается индикаторная оправка 1 с двумя индикаторами, позволяющими снимать погрешность позиционирования заготовки 8, установленной в захватном устройстве промышленного робота 7, одновременно по двум осям X и Y (рисунок 12). Такая же индикаторная стойка 1 закрепляется в приспособлении 4, установленном на поворотном столе 6 многоцелевого станка 9.

Для определения погрешности позиционирования заготовки, связанной с погрешностью позиционирования привода тактового стола, необходимо включить тактовый стол 5, и индикаторная стойка 4, пройдя за один оборот последовательно все позиции тактового стола, останавливается в загрузочной позиции. В это время рука ПР по заранее заложенной программе подводит по оси Z заготовку до соприкосновения с ножками индикаторов 2 и 3 (рисунок 13). Индикаторы предварительно настраиваются на нулевые отметки, которые показывают накопленную погрешность позиционирования заготовки за один оборот тактового стола. Выполняя таким образом 20...30 измерений, можно определить накопленную погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью позиционирования привода тактового стола.

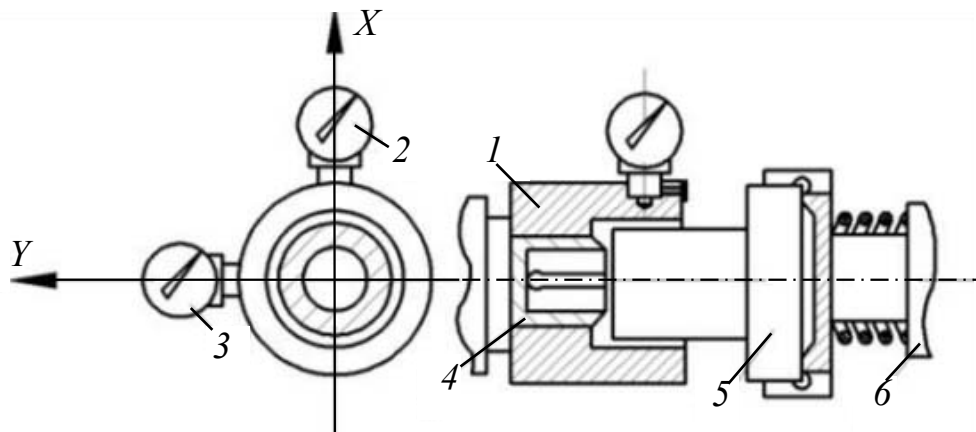
Аналогично, только с усложненной траекторией перемещения руки ПР с заготовкой, определяются погрешности позиционирования заготовки и пово-

ротного стола многоцелевого станка.



1 – индикаторная стойка; 2 – оправка приспособления; 3 – палета с накопителем заготовок; 4 – приспособление станка; 5 – тактовый стол; 6 – поворотный стол станка; 7 – промышленный робот; 8 – заготовка; 9 – многоцелевой станок

Рисунок 12 – Схема лабораторной установки для определения погрешности позиционирования заготовки в роботизированном технологическом комплексе



1 – корпус оправки; 2 – цанга; 3 – заготовка; 4, 5 – индикаторы; 6 – винт; 7 – рука ПР

Рисунок 13 – Индикаторная стойка для определения погрешности позиционирования заготовки

Порядок выполнения работы

1 Получить у преподавателя эскизы заготовки и оправок технологической оснастки РТК и свой вариант выполнения работы.

2 Измерить значения предельных размеров величин заготовки и занести их в таблицы 5 и 6.

Таблица 5 – Экспериментальные результаты выполнения лабораторной работы

Исходные данные	Экспериментальные данные						
	Номер опыта	Δx_i	Δy_i	σ_2	Δx_i^2	Δy_i^2	σ_2^2
		МКМ					

Таблица 6 – Расчетные результаты выполнения лабораторной работы

Исходные данные	Расчетные данные									
	Номер опыта	Δ_{noz}^{PP}	Δ_{noz}^{TC}	Δ_{noz}^{PC}	Δ_{min1}	Δ_{min2}	P_2	F_1	F_2	V
		мм						Н		м/с

3 Подготовить лабораторную установку (установить и выверить положение индикаторных стоек в приспособлении многоцелевого станка и накопителе тактового стола).

4 Включить пульт управления промышленным роботом и подвести руку ПР с установленной заготовкой поочередно к индикаторной стойке, закрепленной в приспособлении многоцелевого станка и к индикаторной стойке, закрепленной в накопителе тактового стола. Установить в обоих случаях индикаторы в момент подвода на нулевые отметки по закрепленной заготовке.

5 Включить тактовый стол и по заложенной ранее в ПР программе перемещений (выдвижение и возвращение в исходное положение руки ПР по оси R) снять 20...30 показаний индикаторов и соответствующие погрешности позиционирования заготовки от привода тактового стола. Занести показания в таблицу 5.

6 Рассчитать по формулам (1) и (2) среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение и по формуле (3) определить погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью позиционирования привода тактового стола. Данные занести в таблицу 5.

$$\sigma_2 = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \varepsilon_{cp})^2 \cdot n}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_{cp} = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon_i}{n}, \quad \varepsilon_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}; \quad (2)$$

$$\Delta_{noz}^{TC} = 6 \cdot \sigma_2. \quad (3)$$

7 Остановить тактовый стол с индикаторной оправкой в загрузочной позиции. По заложенной в ПР программе снять 20...30 показаний индикаторов, со-

ответствующих погрешности позиционирования заготовки от привода руки ПР. Показания занести в таблицу 5.

8 Рассчитать по формулам (1) и (2) среднее арифметическое и среднее квадратичное отклонение и по формуле (4) определить погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью позиционирования руки ПР. Данные занести в таблицы 5 и 6.

$$\Delta_{noz1}^{PP} = 6 \cdot \sigma_1. \quad (4)$$

9 Рассчитать по формуле (5) погрешность позиционирования, связанную с погрешностями перемещений заготовки в системе координат многоцелевого станка. Данные расчета занести в таблицу 6.

$$\Delta_{noz}^{PC} = r \cdot \operatorname{tg} \alpha_{noz}. \quad (5)$$

10 Определить по формулам (6) и (7) погрешность позиционирования заготовки Δ_{noz1} в загрузочной позиции тактового стола и погрешность позиционирования заготовки Δ_{noz2} при ее установке в приспособление многоцелевого станка. Занести значения Δ_{noz1} и Δ_{noz2} в таблицу 6.

$$\Delta_{noz1} = \Delta_{noz}^{PP} + \Delta_{noz}^{TC}; \quad (6)$$

$$\Delta_{noz2} = \Delta_{noz}^{PP} + \Delta_{noz}^{PC}. \quad (7)$$

11 Рассчитать по формулам (8) и (9) величины необходимых и достаточных зазоров заготовки с оправками накопителя тактового стола $\Delta_{\min1}$ и с оправкой приспособления многоцелевого станка $\Delta_{\min2}$, обеспечивающих условие выполнения автоматической сборки заготовки с ними с помощью ПР. Данные занести в таблицу 6.

$$\Delta_{\min1} = \varepsilon_{\max} + L \cdot \operatorname{tg} \gamma_{\max} + \Delta_{noz1}; \quad (8)$$

$$\Delta_{\min2} = \varepsilon_{\max} + L \cdot \operatorname{tg} \gamma_{\max} + \Delta_{noz2}. \quad (9)$$

12 Сравнить расчетные значения $\Delta_{\min1}$ и $\Delta_{\min2}$ с заданными значениями этих величин согласно исходным данным и проанализировать причины расхождений.

13 Рассчитать по формулам (10)–(12) значения усилия сборки заготовки при установке ее в схвате ПР – P_r , в приспособлении многоцелевого станка F_1 и на оправках накопителя тактового стола F_2 (рисунок 14) [11]. Данные занести в таблицу 6.

$$P_r \geq \frac{F_{цб} \cdot D + G + F_a \cdot l}{2 \cdot D \cdot f} = \frac{m \cdot \frac{v^2 \cdot D}{R} + g + a \cdot l}{2 \cdot D \cdot f}, \quad (10)$$

где m – масса заготовки, кг;

v – максимальное значение линейной скорости заготовки при вращении руки ПР вокруг оси Z , м/с²;

D – диаметр сопрягаемой части заготовки, м;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²;

a – максимальное значение ускорения при подъеме руки ПР по оси Z , м/с²;

l – длина заготовки, м;

f – коэффициент трения, $f = 0,02 \dots 0,08$.

$$F_1 \leq N_{ск} \cdot \sin\varphi + \mu \cdot \cos\varphi, \quad (11)$$

где $N_{ск}$ – допустимое значение нормальной составляющей реакции в точке контакта сопрягаемых поверхностей, не вызывающее нарушение поверхностного слоя материала деталей ($N_{ск} = 110 \dots 150$ Н для алюминиевых сплавов);

φ – угол между направлением действия силы трения $F_{тр}$ и действия силы F ;

μ – приведенный коэффициент трения в местах контакта соединяемых деталей ($\mu = 0,02 \dots 0,08$ для алюминия по стали).

Значение угла φ в расчетах можно принимать равным γ_{max} (γ_{max} – допустимый угол перекоса сопрягаемых деталей, при котором автоматическая сборка их еще осуществима).

Для деталей, соединяемых по цилиндрическим поверхностям с гарантированным натягом (в схвате ПР и в приспособлении-накопителе тактового стола), сборочную силу F_2 можно определить по формуле

$$F_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot f \cdot P_{cp} - K_{v_2} \cdot V - 0,002}{1 - K_{v_1} \cdot V - 0,002} \cdot K_\varphi \cdot K_\sigma, \quad (12)$$

где L – глубина запрессовки деталей, м;

D – диаметр сопрягаемых поверхностей;

f – коэффициент трения в соединении, $f = 0,02 \dots 0,08$;

P_{cp} – среднее удельное давление на посадочных поверхностях соединяемых деталей, Па; $P_{cp} = 0,05 \dots 0,1$ МПа;

V – скорость устанавливаемой детали, м/с; рекомендуются значения $V = 0,01 \dots 0,003$ м/с;

K_{v_1} , K_{v_2} – коэффициенты, учитывающие изменение сборочной силы от скорости запрессовки детали и контактного давления соответственно (если $V = 0,002$ м/с, то K_{v_1} и K_{v_2} принимают равными нулю);

K_φ – коэффициент, учитывающий влияние угла заходной фаски (при $\varphi = 30^\circ$ $K_\varphi = 0,43$);

K_σ – коэффициент обеспечения базирования деталей (при натяге в соединении 0,022 мм и соотношении $L/D = 0,5$ $K_\sigma = 1,1$).

14 Определить предельно допустимое значение скорости установки заготовки V в приспособления технологической оснастки РТК. Данные занести в таблицу 6.

15 Набрать с помощью преподавателя на пульте управления расчетные режимы перемещения руки ПР и осуществить поочередно полный цикл загрузки-разгрузки заготовки в приспособлении многоцелевого станка и в накопителе тактового стола РТК с помощью промышленного робота. Проанализировать полученные результаты.

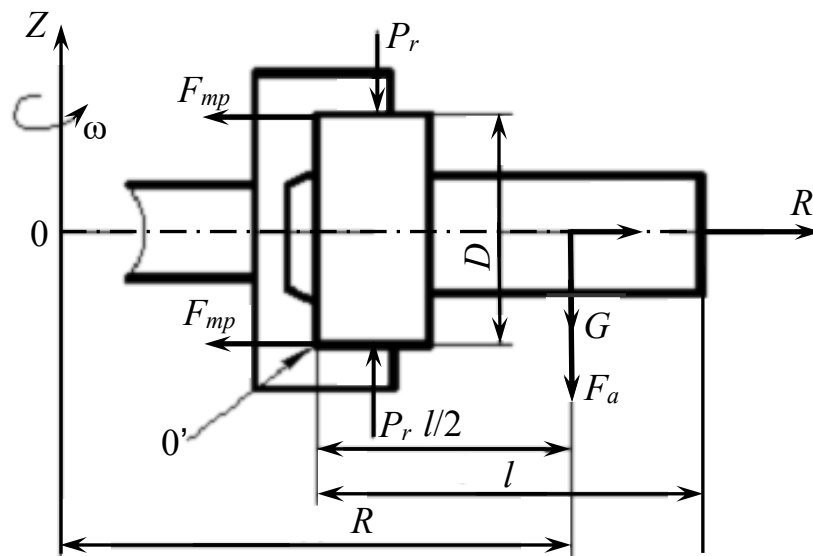


Рисунок 14 – Схема действующих сил на заготовку в схвате ПР при перемещении [11]

Содержание отчёта

- 1 Название и цель работы.
- 2 Схема лабораторной установки.
- 3 Задание к работе.
- 4 Результаты экспериментальных исследований и расчетов.
- 5 Заключение о возможности осуществления автоматической установки заготовки в приспособления технологической оснастки РТК с помощью промышленного робота по расчетным режимам на основе опытной проверки.

Контрольные вопросы

- 1 Какие задачи нужно решить для обеспечения автоматической установки заготовки в приспособления РТК с помощью промышленного робота?

2 Перечислите составляющие минимального и достаточного зазора при автоматической сборке.

3 Какие составляющие участвуют в образовании погрешности позиционирования заготовки в загрузочной позиции ПР и при установке заготовки в приспособление многоцелевого станка?

4 Как определить погрешность позиционирования заготовки, связанную с погрешностью приводов тактового стола, промышленного робота и многоцелевого станка?

5 Лабораторная работа № 5. Расчет параметров моделей роботизированных комплексов с отказами, ожиданиями и ограниченной длиной очереди

Цель работы: приобретение практических навыков расчета параметров моделей РТК с отказами, ожиданиями и ограниченной длиной очереди.

5.1 Техническое обеспечение

Персональная ЭВМ. Накопитель на жестких магнитных дисках. Видеомонитор SVGA.

5.2 Программное обеспечение

Программный пакет MATLAB ® для решения задач технических вычислений.

5.3 Классификация систем массового обслуживания

Системы, в которых, с одной стороны, возникают массовые запросы (требования) на выполнение каких-либо видов работ, а с другой стороны, происходит удовлетворение этих запросов, называются *системами массового обслуживания*.

Система массового обслуживания включает следующие элементы:

- источник требований;
- входящий поток требований;
- очередь;
- обслуживающее устройство (обслуживающий аппарат, канал обслуживания);
- выходящий поток требований.

Системы массового обслуживания классифицируют по разным признакам. Например, по условию ожидания требований начала обслуживания они подразделяются на следующие виды:

- системы массового обслуживания с потерями (отказами);
- системы массового обслуживания с ожиданием;

- системы массового обслуживания с ограниченной длиной очереди;
- системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания.

Системы, в которых требования, поступающие в момент, когда все приборы обслуживания заняты, получают отказ и теряются, называются *системами с потерями или отказами*.

Системы, в которых возможно появление неограниченной очереди требований к обслуживающему устройству, называются *системами с ожиданием*.

Системы, допускающие очередь, но с ограниченным числом мест в ней, называются *системами с ограниченной длиной очереди*.

Системы, допускающие очередь, но с ограниченным сроком пребывания каждого требования в ней, называются *системами с ограниченным временем ожидания*.

По числу каналов или приборов системы делятся на одноканальные и многоканальные, по месту нахождения источника требований – на разомкнутые, когда источник находится вне системы, и замкнутые, когда источник находится в самой системе. К последнему виду относится, например, РТК, в котором роботы являются источником неисправностей, а следовательно, и требований на их обслуживание.

5.4 Модель РТК с отказами

Граф состояний многоканальной системы массового обслуживания с отказами при принятых допущениях изображен на рисунке 15.

Здесь λ – интенсивность входящего потока требований, μ – производительность одного канала (прибора) обслуживания, S_0, S_1, \dots, S_m – состояния системы (индекс указывает число требований в системе), m – общее число каналов.

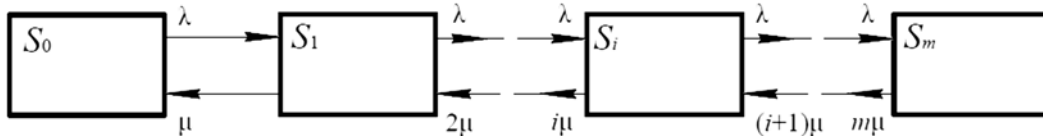


Рисунок 15 – Система массового обслуживания с отказами

Вероятности состояний оценивают по следующим формулам:

$$P_i = \frac{\rho^i}{i!} \cdot P_0, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (13)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \quad (14)$$

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} \right]^{-1}. \quad (15)$$

Пример – В производственный цех с тремя РТК поступают заказы на выполнение определенных операций технологического процесса. Если работают все три РТК, то вновь поступающий заказ не принимается. Пусть среднее время работы с одним заказом составляет 3 ч. Интенсивность потока заявок – $0,25 \text{ ч}^{-1}$.

Найти вероятность отказа и среднее число занятых РТК.

Дано: $m = 3$, $\lambda = 0,25 \text{ ч}^{-1}$, $T_{\text{обсл}} = 3 \text{ ч}$.

Решение

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \cdot \bar{T}_{\text{обсл}} = 3 \cdot 0,25 = 0,75;$$

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^3 \frac{\rho^i}{i!} \right]^{-1} = \left[1 + 0,75 + \frac{0,75^2}{2!} + \frac{0,75^3}{3!} \right]^{-1} = [2,1]^{-1};$$

$$P_{\text{отк}} = \frac{\rho^m}{m!} \cdot P_0 = \frac{0,75^3}{3!} \cdot \frac{1}{2,1} = 0,033;$$

$$m_3 = \sum_{n=1}^m n \cdot P_n = P_0 \cdot \sum_{n=1}^m \frac{\rho^n}{(n-1)!} = \frac{1}{2,1} \left[0,75 + 0,75^2 + \frac{0,75^3}{2} \right] \approx 0,72.$$

Таким образом, $P_{\text{отк}} = 0,033$; $m_3 = 0,72$.

5.5 Модель РТК с ограниченной длиной очереди

Граф состояний многоканальной системы массового обслуживания, имеющей m каналов с ограниченной очередью, число мест в которой ограничено величиной l , изображен на рисунке 16.

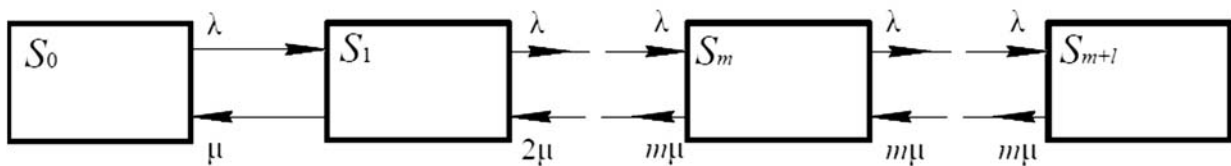


Рисунок 16 – Система массового обслуживания с ограниченной длиной очереди

Вероятности состояний $S_1, S_2 \dots S_m$ определяют по формуле (13).

Вероятности состояний $S_{m+1}, S_{m+2} \dots S_{m+l}$ находят по формуле

$$P_i = \frac{\rho^i}{m^{i-m} \cdot m!} \cdot P_0, \quad i = m + 1, \dots, m + l. \quad (16)$$

Вероятность P_0 находят по формуле

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} + \sum_{i=m+1}^{m+l} \frac{\rho^i}{m^{i-m} \cdot m!} \right]^{-1}. \quad (17)$$

В большинстве практических задач используется отношение $\rho/m < 1$. Тогда формула (17) примет следующий вид:

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{m+l}}{m \cdot m!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^l}{1 - \frac{\rho}{m}} \right]^{-1}. \quad (18)$$

Пример – На сборочном участке производственного цеха установлены три РТК. Около них находится площадка для хранения трех сборочных комплектов для их ожидания в очереди. На участок поступает в среднем два комплекта в минуту. Среднее время сборки изделия – 1 мин.

Определить вероятность отказа и среднюю длину очереди.

Дано: $m = 3, l = 3, \lambda = 2 \text{ мин}^{-1}, \bar{T}_{\text{обсл}} = 1 \text{ мин}, \mu = \frac{1}{\bar{T}_{\text{обсл}}} = 1 \text{ мин}^{-1}$.

Решение

$$\frac{\rho}{m} = \frac{2}{3};$$

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{m+l}}{m \cdot m!} \cdot \frac{1 - \left(\frac{\rho}{m}\right)^l}{1 - \frac{\rho}{m}} \right]^{-1} = \left[1 + 2 + \frac{2^2}{2!} + \frac{2^3}{3!} + \frac{2^4}{3 \cdot 3!} \cdot \frac{1 - (2/3)^3}{1 - 2/3} \right]^{-1} \approx 0,122;$$

$$P_{\text{отк}} = P_{m+l} = \frac{\rho^{m+l}}{m^l \cdot m!} \cdot P_0 = \left(\frac{\rho}{m}\right)^l \cdot \frac{\rho^m}{m!} \cdot P_0 = (2/3)^3 \cdot \frac{2^3}{3!} \cdot 0,122 = 0,048;$$

$$M_{\text{ож}} = \frac{P_0 \cdot \rho^m}{m!} \cdot \sum_{n=1}^l n \left(\frac{\rho}{m}\right)^n = \frac{0,122 \cdot 2^3}{3!} \left[\frac{2}{3} + 2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3 \right] = 0,35.$$

Таким образом, $P_{\text{отк}} = 0,048, M_{\text{ож}} = 0,35$ сборочных комплектов.

5.6 Модель РТК с ожиданием

Граф состояний системы массового обслуживания с ожиданием (рисунок 17) аналогичен графу с ограниченной длиной очереди при условии, что граница очереди отодвигается в бесконечность.

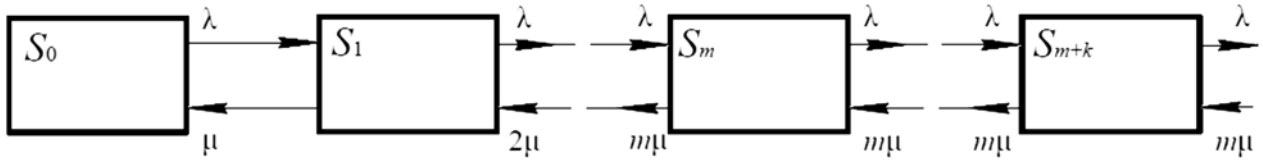


Рисунок 17 – Система массового обслуживания с ожиданием

Вероятности состояний находят по формулам (13) и (19).

$$P_i = \frac{\rho^i}{m! \cdot m^{i-m}} \cdot P_0, \quad i = m + 1, \dots, m + k, \dots \quad (19)$$

При $\rho/m < 1$ для определения P_0 используют формулу

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{m+1}}{m! \cdot (m - \rho)} \right]^{-1}. \quad (20)$$

Пример – В цехе имеются два РТК для загрузки печей термообработки. Интенсивность потока изделий равна 0,8 изделий в минуту. Среднее время загрузки одного изделия – 2 мин. Предполагается, что очередь ожидающих загрузки изделий может быть неограниченной длины.

Определить среднее число занятых РТК и среднее время пребывания изделия в очереди.

$$\text{Дано: } m = 2, \lambda = 0,8, \mu = \frac{1}{T_{\text{обсл}}} = 0,5.$$

Решение

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{0,8}{0,5} = 1,6;$$

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^m \frac{\rho^i}{i!} + \frac{\rho^{m+1}}{m! \cdot (m - \rho)} \right]^{-1} = \left[1 + \frac{1,6}{1!} + \frac{1,6^2}{2!} + \frac{1,6^3}{2! \cdot (2 - 1,6)} \right]^{-1} = 0,11;$$

$$m_3 = \rho \cdot q = 1,6 \cdot 1 = 1,6;$$

$$M_{\text{ож}} = \frac{P_0 \cdot \rho^{m+1}}{m \cdot m!} \cdot \frac{1}{(1 - \rho/m)^2} = \frac{0,11 \cdot 1,6^3}{2 \cdot 2 \cdot (1 - 0,8)^2} = 2,8;$$

$$\bar{T}_{\text{ож}} = \frac{M_{\text{ож}}}{\lambda} = \frac{2,8}{0,8} = 3,5.$$

Таким образом, $m_3 = 1,6$, $\bar{T}_{\text{ож}} = 3,5$ мин.

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя задание и рассчитать модель РТК в среде MATLAB с использованием методов теории массового обслуживания.

Содержание отчёта

- 1 Название и цель работы.
- 2 Задание к работе.
- 3 Схема заданной системы массового обслуживания.
- 4 Результаты расчетов.
- 5 Вывод по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие системы массового обслуживания.
- 2 Классификация систем массового обслуживания.
- 3 Основные параметры моделей роботизированных комплексов с отказами, ожиданиями и ограниченной длиной очереди.

6 Лабораторная работа № 6. Расчет параметров моделей роботизированных комплексов как замкнутой системы массового обслуживания

Цель работы: приобретение практических навыков расчета параметров моделей РТК как замкнутой системы массового обслуживания.

6.1 Техническое обеспечение

Персональная ЭВМ. Накопитель на жестких магнитных дисках. Видеомонитор SVGA.

6.2 Программное обеспечение

Программный пакет MATLAB ® для решения задач технических вычислений.

6.3 Модель РТК как замкнутая система массового обслуживания

В замкнутых системах массового обслуживания источник требований находится внутри системы, и от ее состояния зависит интенсивность потока требований. Чаще всего таким потоком является поток неисправностей от некоторой группы работающих устройств.

Пусть имеется m работающих устройств, которые могут выходить из строя за счет неисправностей. Имеется также n приборов (каналов) обслуживания

этих требований. В качестве таких каналов могут выступать и специалисты. Обычно предполагают, что $n < m$.

Обозначим через S_0 состояние, при котором все устройства работают, а приборы обслуживания не заняты; S_1 – состояние, при котором одно устройство вышло из строя и обслуживается одним прибором обслуживания; S_n – n устройств не работают и все приборы заняты обслуживанием; S_m – все устройства не работают, из них n обслуживаются и $m-n$ ждут обслуживания. Граф состояний такой системы изображен на рисунке 18.

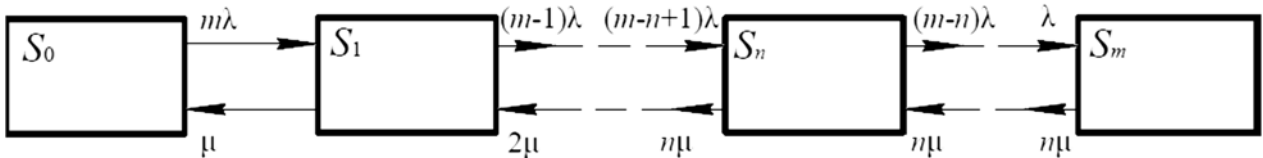


Рисунок 18 – Замкнутая система массового обслуживания

Вероятности состояний замкнутой системы определяют по зависимостям

$$P_i = \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (m-j)}{i!} \cdot \rho^i \cdot P_0, \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad (21)$$

$$P_i = \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (m-j)}{n! \cdot n^{i-n}} \cdot \rho^i \cdot P_0, \quad i = n+1, n+2, \dots, m, \quad (22)$$

где Π – знак произведения сомножителей $m-j$;

$$P_0 = \left[1 + \sum_{i=1}^n \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (m-j)}{i!} \cdot \rho^i + \sum_{i=n+1}^m \frac{\prod_{j=0}^{i-1} (m-j)}{n! \cdot n^{i-n}} \cdot \rho^i \right]^{-1}. \quad (23)$$

Пример – Рабочий обслуживает группу из трех РТК. Каждый РТК останавливается в среднем два раза в смену. Процесс наладки занимает в среднем 10 мин. Определить абсолютную пропускную способность наладки рабочим РТК.

Дано: $n = 1, m = 3, \lambda = 2, T_{обсл} = 1/6, \mu = 6$.

Решение

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3};$$

$$P_0 = \left[1 + m \cdot \rho + \frac{m \cdot (m-1)}{1! \cdot 1^1} \cdot \rho^2 + \frac{m \cdot (m-1) \cdot (m-2)}{1! \cdot 1^2} \cdot \rho^3 \right]^{-1} =$$

$$= \left[1 + 3 \cdot \frac{1}{3} + 3 \cdot 2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 + 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^3 \right]^{-1} = 0,346.$$

Вероятность того, что рабочий будет занят обслуживанием,

$$P_3 = 1 - P_0 = 1 - 0,346 = 0,654.$$

Если рабочий занят обслуживанием, то он обслуживает шесть РТК в час. Тогда абсолютная пропускная способность наладки рабочим РТК

$$A = \mu \cdot P_3 = 6 \cdot 0,654 = 4.$$

Таким образом, $A = 4$ РТК в смену.

Порядок выполнения работы

Получить у преподавателя задание и рассчитать модель РТК в среде MATLAB с использованием методов теории массового обслуживания.

Содержание отчёта

- 1 Название и цель работы.
- 2 Задание к работе.
- 3 Схема заданной системы массового обслуживания.
- 4 Результаты расчетов.
- 5 Вывод по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Понятие системы массового обслуживания.
- 2 Классификация систем массового обслуживания.
- 3 Основные параметры моделей роботизированных комплексов как замкнутых систем массового обслуживания.

7 Лабораторная работа № 7. Управление работой роботизированного производства с использованием SCADA-системы

Цель работы: приобретение практических навыков работы со SCADA-системами.

7.1 Техническое обеспечение

Персональная ЭВМ. Накопитель на жестких магнитных дисках. Видеомонитор SVGA.

7.2 Программное обеспечение

Программный пакет MasterSCADA 3.X RT32[®] (рисунок 19) для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных.

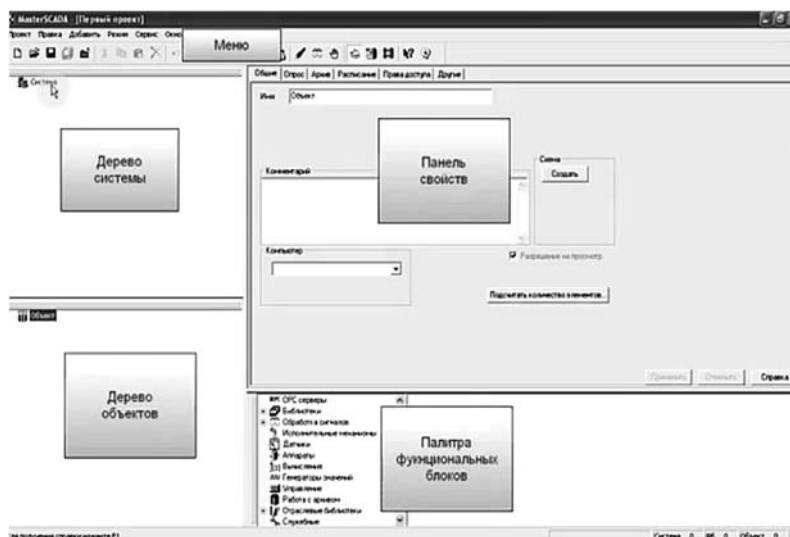


Рисунок 19 – Основное окно MasterSCADA

Объект в MasterSCADA – это основная единица разрабатываемой системы, соответствующая реальному технологическому объекту (цеху, участку, аппарату, насосу, задвижке, датчику и т. п.), управляемому разрабатываемой с помощью MasterSCADA системой. Каждый объект имеет набор свойств и документов. Свойства объекта – период и способ опроса, восстановление после перезапуска, ограничение доступа в режиме исполнения. Документы объекта – архивы, мнемосхемы, изображения, тренды, журналы, отчеты.

7.3 Обработка измерений

Датчики с аналоговым выходом подключаются к системе контроля и управления через аналоговые входы контроллеров, многоканальных измери-

тельных приборов, модулей удаленного ввода сигналов, реже – через цифровые интерфейсы (RS485, полевые шины) одноканальных датчиков [12] (рисунок 20). Эти интеллектуальные приборы обычно проводят ту или иную первичную обработку параметров: фильтрацию, линеаризацию, масштабное преобразование из кодов АЦП в нормализованную шкалу (например, процентную) или физические единицы.

7.4 Шкала параметра

Для унификации задач первичной обработки в MasterSCADA предусмотрено понятие шкалы параметра. Шкала определяет диапазон изменения (поступающее в MasterSCADA с аналогового входа контроллера значение сигнала будет автоматически масштабироваться к этому диапазону), верхние (аварийная и предупредительная) и нижние границы контроля значения, а также граница контроля скорости изменения параметра в единицу времени. Для шкалы задается (выбирается из имеющегося списка или создается новая) единица измерения и определяется точность отображения числового значения параметра в документах проекта.

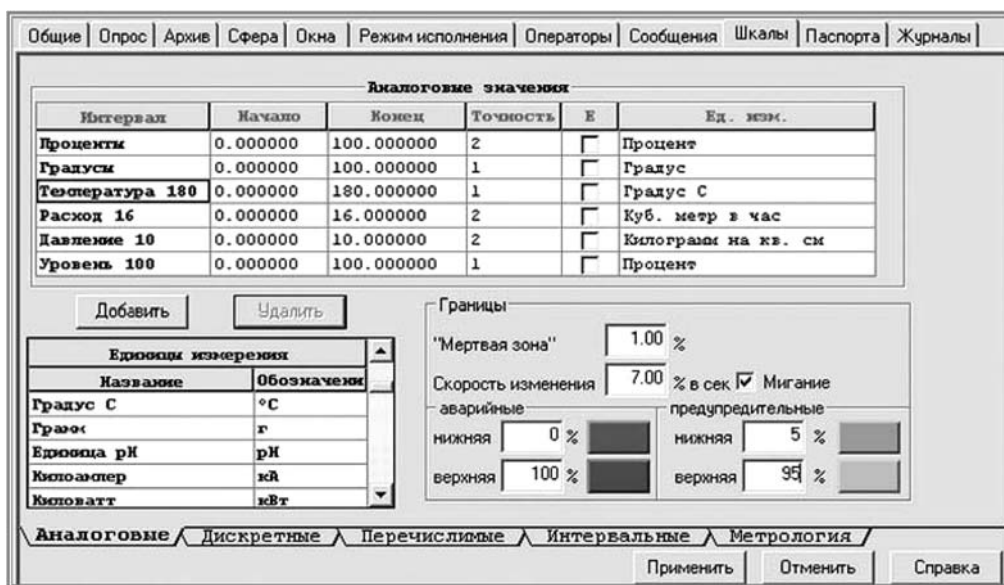


Рисунок 20 – Окно единиц измерений

В составе понятия «шкала параметра» нет алгоритмов первичной обработки (фильтрации, линеаризации и др.). Это связано с тем, что большая часть современного оборудования производит такую обработку уже на уровне модулей аналого-цифрового преобразования, снабженных микропроцессором и встроенным программным обеспечением.

MasterSCADA позволяет выбрать для шкалы методику поверки (набор контрольных точек и число измерений в каждой из них) и автоматизировать процедуру фиксации измерений, их статистической обработки и формирования стандартной отчетности (рисунок 21).

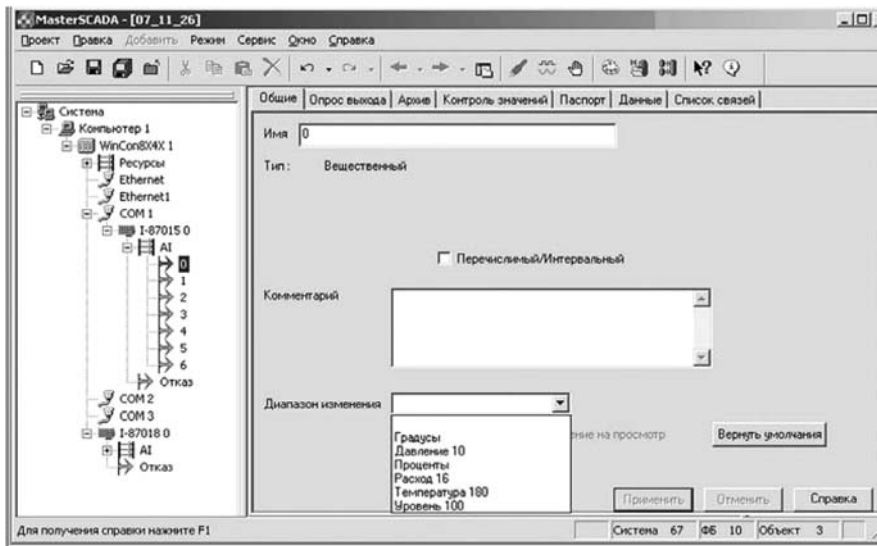


Рисунок 21 – Окно статистической обработки результатов измерений

7.5 Обработка значения

Для обработки значения в MasterSCADA имеются обширные библиотеки алгоритмов (функциональных блоков). Эти блоки могут использоваться как в рамках проектной иерархии объекта, так и в традиционных графических схемах функциональных блоков.

Основные блоки, относящиеся к обработке параметров, сосредоточены в библиотеках «Обработка сигналов», «Вычисления» и некоторых других в палитре MasterSCADA. Среди них есть динамические преобразования (фильтрация, дифференциал, ограничитель скорости, запаздывание и т. п.); интервальные обработки (на скользящем или дискретном интервале): максимум, минимум, интеграл, среднее; вычисление расходов жидкостей и газов (воды, мазута, пара, природного газа), а также алгоритмы не только для преобразования единичного параметра, но и для многопараметрической обработки данных.

7.6 Использование параметра в расчетах

Помимо функциональных блоков, параметр может быть задействован в формульных вычислениях. Для этого необходимо применять стандартную переменную MasterSCADA «Расчет» (или «Событие» – расчет с логическим результатом). Используемый в формуле параметр должен быть перетащен на страницу формулы в список рабочих переменных. В самой формуле используются формальные параметры с условными именами. Конкретный фактический параметр, являющийся источником данных для формального параметра, в любой момент может быть заменен на другой, перетаскиванием нового параметра в строку списка без необходимости редактирования формулы.

В формуле можно выполнять арифметические, логические, побитовые операции и операции сравнения, а также ряд встроенных функций и констант – всего около сотни операций, включая работу с такими свойствами параметра,

как метка времени, признак нарушения границы, архивное значение в определенный момент времени или за период (интеграл, среднее и др.).

Наряду со стандартными операциями, в формуле могут быть заимствованная из языков процедурного программирования конструкция условного вычисления, подобная ЕСЛИ-ТОГДА-ИНАЧЕ (IF-THEN-ELSE).

7.7 Отображение параметра на мнемосхемах

Текущее значение той или иной переменной оператор может увидеть на мнемосхеме. Для этого достаточно перетащить параметр из проекта на поле мнемосхемы. Перетаскивание с помощью левой клавиши мыши дает отображение параметра в виде строки, в котором по умолчанию указано проектное имя параметра и его значение с заданным в шкале количеством знаков после запятой и необходимой единицей измерения.

При выходе значения за контрольную границу значение будет соответственно менять цвет. Если же перетащить параметр правой кнопкой мыши, то откроется полный список возможных графических представлений параметра, соответствующих типовым щитовым приборам: столбчатому индикатору (вертикальному или горизонтальному), стрелочному прибору, самописцу. Их шкалы также отражают заданные контрольные границы.

7.8 Анимация мнемосхем с помощью параметра

Для визуального отображения изменения значения параметра в интуитивно понятной форме используют изменения визуальных свойств частей изображения мнемосхемы, соответствующих графическому представлению об технологическом оборудовании, для контроля за которым измеряется данный параметр. Например, уровень жидкости в емкости удобно показывать не только цифрой, но и высотой заливки изображения емкости другим цветом, символизирующим заполняющую емкость жидкость. Так же температура этой жидкости может отображаться цветом этой заливки, а ее плотность или вязкость – степенью растривания.

Такая анимация (динамизация) свойств легко делается в MasterSCADA и может быть применена не только для «родных» библиотечных элементов, но и для свойств любого позаимствованного извне элемента управления ActiveX. Для этого необходимо выделить элемент на мнемосхеме, открыть закладку «Входы» панели свойств элемента. В поле любого свойства перетащить параметр, по изменению значения которого должно меняться и данное свойство. После того как связь между свойством элемента мнемосхемы и параметром дерева объектов будет обозначена, потребуется настроить интервалы динамизации (рисунок 22).

MasterSCADA предусматривает два вида изменения свойств – линейное (пропорционально изменению параметра, например, плавное изменение уровня заливки или ее цвета) и ступенчатое (после пересечения значением границы интервала, например, для отображения каких-либо состояний оборудования).

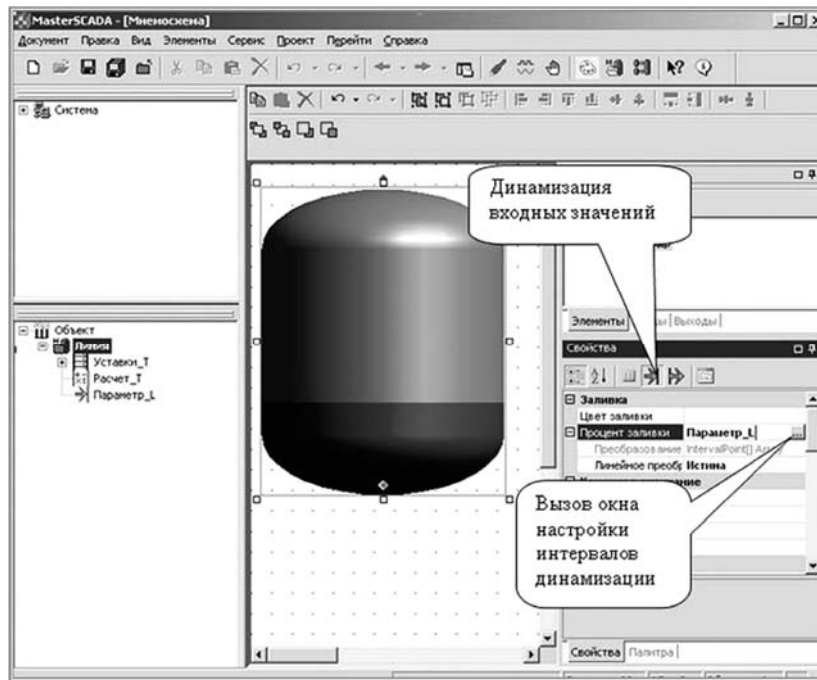


Рисунок 22 – Окно динамизации

7.9 Использование параметра на трендах

Тренды MasterSCADA отображают любой параметр на всю глубину его сбора, причем на едином графике, без разделения на текущие и архивные данные. Тренды позволяют анализировать точки пересечения графиком контрольных или иных заданных оператором границ, сравнивать два параметра, строить графики их взаимной зависимости и многое другое.

Чтобы поместить параметр на тренд, достаточно перетащить его в любое место окна графика, при этом образуется перо, которое по умолчанию будет иметь имя и шкалу, унаследованные от исходного параметра, в дальнейшем параметры пера можно переопределить.

Выбор параметров для просмотра на тренде возможен не только в инструментальной системе, но и непосредственно оператором в процессе функционирования исполнительной системы.

Тренд в MasterSCADA может просматриваться и в графическом и в табличном виде, при необходимости он может быть сохранен в различных форматах (.jpg, .txt, .xls и др.). Не всегда мнемосхемы и графики дают полную информацию о ситуации на объекте или состоянии оборудования. Иногда оператору надо описать ее детальнее. Не менее важно эту информацию сохранить для последующего просмотра с целью анализа текущей обстановки или произошедшей аварии. Для этих целей служат текстовые сообщения, формируемые автоматически (по нарушению заданных границ) (рисунок 23).

Автоматические сообщения (в MasterSCADA они называются системными) могут быть настроены или отключены на соответствующих закладках дерева системы для системы в целом или для отдельных компьютеров в частности.

Вычисляемые (пользовательские) сообщения формируются на закладке переменных типа «Событие».

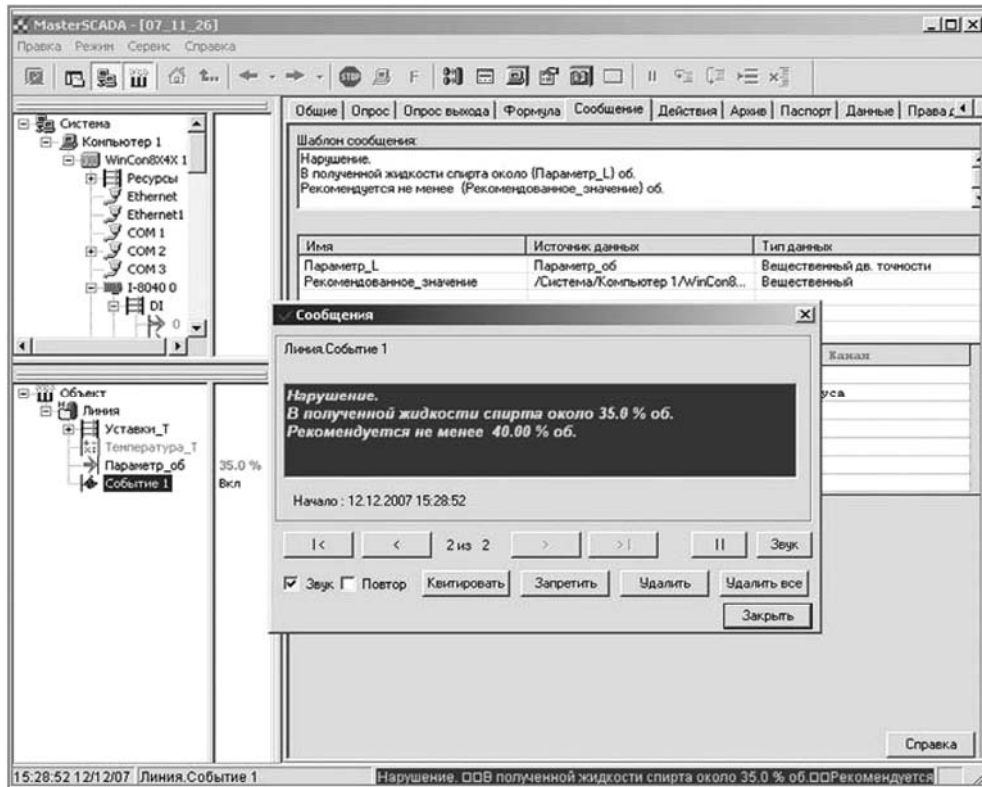


Рисунок 23 – Окно автоматического сообщения о нарушении заданных границ параметров процесса

Порядок выполнения работы

- 1 Получить у преподавателя задание на создание простого проекта управления РТК на основе автоматического регулирования параметров процесса.
- 2 Составить мнемосхему для управления работой РТК в среде MasterSCADA.
- 3 В режиме имитации работы РТК провести мониторинг контролируемых параметров.

Содержание отчёта

- 1 Название и цель работы.
- 2 Общий вид мнемосхемы управления работой РТК.
- 3 Контролируемые параметры мнемосхемы.
- 4 Расчетные граничные значения контролируемых параметров.
- 5 Вывод по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Архитектура MasterSCADA.
- 2 Объект в MasterSCADA.

- 3 OPC-сервер в MasterSCADA.
- 4 Модуль расчета.
- 5 Модуль отображения управляемых переменных.
- 6 Понятие мнемосхемы.

Список литературы

- 1 **Клепиков, В. В.** Автоматизация производственных процессов : учебное пособие / В. В. Клепиков, Н. М. Султанзаде, А. Г. Схиртладзе. – Москва: ИНФРА-М, 2021. – 208 с.
- 2 **Гуревич, Ю. Е.** Роботехнические устройства: учебник / Ю. Е. Гуревич. – Старый Оскол : ТНТ, 2022. – 327 с.
- 3 **Иванов, А. А.** Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А. А. Иванов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: ФОРУМ ; ИНФРА-М, 2023. – 224 с.
- 4 **Козырев, Ю. Г.** Применение промышленных роботов : учебное пособие для студентов вузов / Ю. Г. Козырев. – Москва : Кнорус, 2011. – 488 с.
- 5 **Егоров, В. А.** Транспортно-накопительные системы для ГПС / В. А. Егоров. – Ленинград : Машиностроение, 1989. – 293 с.
- 6 **Бляхеров, И. С.** Автоматическая загрузка технологических машин: справочник / И. С. Бляхеров. – Москва : Машиностроение, 1990. – 400 с.
- 7 **Кадыров, Ж. Н.** Диагностика и адаптация станочного оборудования ГПС / Ж. Н. Кадыров. – Ленинград : Политехника, 1991. – 144 с.
- 8 **Горбацевич, А. Ф.** Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Вышэйшая школа, 1983. – 256 с.
- 9 **Медведев, В. А.** Технологические основы ГПС / В. А. Медведев, В. П. Вороненко, В. Н. Брюханов; под ред. Ю. М. Соломенцева. – Москва : Машиностроение, 1991. – 240 с.
- 10 Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – 5-е изд., испр. – Москва : Машиностроение-1, 2003. – Т. 1. – 912 с.
- 11 **Родина, А. А.** Технологическое оснащение автоматизированных производств на базе РТК: учебное пособие / А. А. Родина, А. Н. Колодин, Б. Н. Хватов. – Тамбов : ТГТУ, 2014. – 82 с.