

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Профессионально-педагогический колледж



УТВЕРЖДАЮ

Директор

Профессионально-педагогического
колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Т.И. Кузнецова

2025 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.12 ОСНОВЫ МЕХАТРОНИКИ И РОБОТИЗИРОВАННЫЕ
СИСТЕМЫ**

специальность

**15.02.18 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЕ
РОБОТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА (ПО ОТРАСЛЯМ)**

Рабочая программа рассмотрена
на заседании цикловой методической комиссии
Технических специальностей
протокол № 9 от «09» апреля 2025 г.
Председатель ЦМК М Е.Э. Воеводина

Саратов 2025

Рабочая программа учебной дисциплины ОП 12 Основы мехатроники и роботизированные системы разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее - СПО) 15.02.18 Техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства (по отраслям), утверждённого приказом Министерства образования и науки РФ от 27.11.2023 г. № 890.

Разработчик:

Сизов Ю.С. - преподаватель высшей квалификационной категории
Профессионально-педагогического колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Тарасова Г.Н. - преподаватель высшей квалификационной категории
Профессионально-педагогического колледжа СГТУ имени Гагарина Ю.А.

СОДЕРЖАНИЕ

1	ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	4
2	СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	6
3	УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	11
4	КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	14

1 ПАСПОРТ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОП. 12 Основы мехатроники и роботизированные системы

1.1 Область применения рабочей программы

Рабочая программа учебной дисциплины ОП. 12 Основы мехатроники и роботизированные системы является частью программы подготовки специалистов среднего звена (далее - ППССЗ) в соответствии с ФГОС СПО по специальности 15.02.18 Техническая эксплуатация и обслуживание роботизированного производства (по отраслям).

Место учебной дисциплины в структуре ППССЗ.

Дисциплина входит в профессиональный цикл, в состав общепрофессиональных дисциплин.

1.2. Цели и требования к результатам освоения учебной дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование общих и профессиональных компетенций, включающих в себя способность:

ОК 01	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 09	Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ПК 1.2	Определять действительные значения контролируемых параметров предметов труда с использованием средств измерений.
ПК 2.3	Осуществлять работы по контролю, регламентированному и unplanned техническому обслуживанию промышленных роботов и робототехнологических комплексов.
ПК 2.4.	Выполнять настройку и конфигурирование программируемых логических контроллеров робототехнологических комплексов в соответствии с принципиальными схемами подключения.
ПК 3.1	Разрабатывать предложения по автоматизации и механизации на основании анализа средств технологического обеспечения
ПК 4.2	Контролировать ведение технологического процесса в соответствии с производственно-технологической документацией.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

уметь:

- распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте;
- анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части;
- определять этапы решения задачи;
- выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы;
- составлять план действия;
- реализовывать составленный план
- оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника)
- определять задачи для поиска информации;
- определять необходимые источники информации;
- выделять наиболее значимое в перечне информации;
- определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности
- применять современную научную профессиональную терминологию
- определять и выстраивать траектории профессионального развития и

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен

знать:

- основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте;
- алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях;
- методы работы в профессиональной и смежных сферах;
- приемы структурирования информации;
- современная научная и профессиональная терминология
- возможные траектории профессионального развития и самообразования

1.3. Количество часов на освоение программы учебной дисциплины:

Объем ОП учебной нагрузки обучающегося: 134 часов,
в том числе:

- | | |
|---|-----------|
| -обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося: | 134 часов |
| -самостоятельной работы обучающегося: | 0 часов |

Промежуточная аттестация 3 семестр ДФК, 4 семестр зачет с оценкой

2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Объем ОП	134
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	
в том числе:	
теоретические занятия	86
практические занятия	48
самостоятельная работа обучающегося (всего)	-
Промежуточная аттестация (ДФК)-3 семестр, зачет с оценкой-4 семестр	

2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины ОП.12 Основы мехатроники и роботизированные системы

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
1	2	3	4	5
Раздел 1 Области применения роботов и решаемые задачи				
Тема 1.1 Введение. Место робототехники и мехатроники в других дисциплинах. Предмет робототехники. Функциональная схема робота. Термин «робот».	Содержание учебного материала Определение мехатроники, как новой области науки и техники. Трехединая сущность мехатронных систем. Факторы, обусловившие развитие МС. Тенденции изменения и ключевые требования мирового рынка в области мехатроники	6	1	ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2
	Практическое занятие №1 Подбор и обоснование мехатронных устройств под задачи АСУ ТП.	4	2	ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2
Раздел 2 Классификация роботов и робототехнических систем				
Тема 2.1 Основные виды классификации роботов. Классификация по назначению. Классификация роботов по способу управления. Классификация по быстрдействию.	Содержание учебного материала Механические узлы мехатронных модулей. Редукторы, передачи преобразования движения, подшипники, муфты, ШВП и др. Электромеханические преобразователи мехатронных модулей. Классификация. Основные уравнения. Механические характеристики. Кинематические и динамические задачи при проектировании мехатронной системы. Управляемые приводы и их настройка. Структура управляемых приводов мехатронных систем.	10	1	ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
	Практическое занятие № 2 Подбор элементов конструкционного исполнения мехатронных модулей.	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
Раздел 3 Промышленные роботы				

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
Тема 3.1 Понятие «промышленный робот». Применение робототехники в промышленности. Классификация промышленных роботизированных комплексов.	Содержание учебного материала			
	Промышленный робот, определение. Функциональная схема ПР. Структурная схема ПР. Поколения роботов. Роботы с программным управлением, адаптивные роботы, интеллектуальные роботы.	8		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3
	Практическое занятие № 3 Разработка функциональной схемы ПР и структурной схемы ПР (по вариантам).	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 2.3, ПК 3.1
Раздел 4 Роботы непромышленного назначения				
Тема 4.1 Применение роботов непромышленного назначения.	Содержание учебного материала			
	Симуляционные (учебные) роботы, Поколения медицинских роботов. Внедрения средств робототехники в немашино-строительных и непромышленных отраслях хозяйства. Роботы вспомогательные, осуществляющие действия облегчающие механический труд	10		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
Раздел 5 Конструкции роботов				
Тема 5.1 Степени подвижности роботов. Системы координат. Рабочая зона роботов. Захватные устройства.	Содержание учебного материала			
	Кинематические схемы ПР. Системы координатных перемещений, рабочее пространство, рабочая зона ПР. Классификация промышленных роботов. Принципы построения ПР: агрегатный, агрегатно - модульный, модульный принципы построения. Номенклатура основных технических характеристик ПР, их определение, параметрические ряды этих характеристик	12		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 2.3, ПК 4.2.
	Практическое занятие № 4 Симуляционная разработка мехатронной системы с определенной степенью свобод и исполнительных устройств под задачу АСУ ТП (по вариантам)	6		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 4.2

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
ДФК 3 семестр средний балл по текущим оценкам успеваемости				
Раздел 6 Приводы				
Тема 6.1 Требования к приводам роботов. Типы приводов, используемых в роботах. Бионическое направление в робототехнике.	Содержание учебного материала			
	Типы приводов, используемых в мехатронике и робототехнике, их сравнительный анализ. Пневмоприводы промышленных роботов, область их применения. Принцип действия поршневых пневмоприводов. Элементы схем управления пневмоприводов. Типовые принципиальные пневматические схемы приводов. Силовой расчёт пневмоцилиндров. Торможение и демпфирование движений поршня в пневмоцилиндре. Использование механических и гидравлических демпферов для торможения.	6		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
	Практическое занятие № 5 Подбор и обоснование электропривода для мехатронного устройства	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 3.1, ПК 4.2
	Практическое занятие № 6 Подбор и обоснование пневмопривода для мехатронного устройства	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 3.1, ПК 4.2
Практическое занятие № 7 Подбор и обоснование гидропривода для мехатронного устройства	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 3.1, ПК 4.2	
Раздел 7 Информационно-сенсорные системы				
Тема 7.1 Определение информационно-сенсорных систем. Классификация информационно-сенсорных систем.	Содержание учебного материала			
	ДОС мехатронных узлов, Классификация датчиков по виду и характеру выходного сигнала. Образцовые меры систем измерения и приборы выполняющие функцию обратной связи.	12		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
Практическое занятие № 8 Подбор датчиков обратной связи и выявление необходимого типа сигнала для сенсорной системы робототехнического комплекса	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 2.3, ПК 4.2.	
Раздел 8 Способы и системы управления				

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные и практические занятия, самостоятельная работа обучающегося, курсовая работа (проект) (если предусмотрены), иные виды учебной работы в соответствии с учебным планом	Объем часов	Уровень освоения	Коды компетенций, формированию которых способствует элемент программы
Тема 8.1 Понятие система управления роботом. Виды систем управления и устройств управления. Задачи управления. Способы управления.	Содержание учебного материала			
	Цикловое, позиционное, контурное управление, структурные схемы систем управления. Принципы построения систем интеллектуального управления в мехатронике. Иерархия управления в системах. Системы управления исполнительного и тактического уровней.	12		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
	Практическое занятие № 9 Выполнение работы в среде программирования МС с оптимизацией параметров управления по времени исполнения. (КПД МС)	4		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 2.3, ПК 2.4, ПК 4.2.
Раздел 9 Робототехнические комплексы				
Тема 9.1 Роботизированные технологические комплексы.	Содержание учебного материала			
	Виды РТК: Полуавтоматы, Автоматы с цикловым управлением. Станки с ЧПУ. Сборочные робототехнические комплексы. Сварочные робототехнические комплексы.	10		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 1.2, ПК 2.3, ПК 3.1
	Практическое занятие № 10 Разработка и реализация циклограммы в среде программирования МС для типовых задач робототехнического комплекса предприятия (по вариантам)	6		ОК 01 ОК 02 ОК 09 ПК 2.3, ПК 2.4, ПК 4.2.
Промежуточная аттестация ДФК - 3 семестр зачет с оценкой - 4 семестр				
ИТОГО		134		

3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению учебной дисциплины

Реализация программы дисциплины требует наличия учебного кабинета общепрофессионального цикла для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, в том числе групповых, индивидуальных, письменных, устных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оборудование:

- рабочее место преподавателя;
- специализированная мебель (столы, стулья по количеству обучающихся);
- доска ученическая.

Технические средства обучения:

- компьютер (ноутбук);
- мультимедийный проектор, экран.

Учебно-наглядные пособия: плакаты, учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по рабочей программе дисциплины, в том числе, видео-аудио материалы, компьютерные презентации.

Компьютер имеет доступ к электронно-библиотечным системам, выход в глобальную сеть Интернет, оснащен лицензионным программным обеспечением.

3.2. Учебно-методическое и информационное обеспечение реализации учебной дисциплины

Основные учебные издания

1. Основы мехатроники: учебник для СПО / И. В. Абрамов, А. И. Абрамов, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов. — 2-е изд. — Саратов: Профобразование, 2024. — 179 с. — ISBN 978-5-4488-1989-6. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/138452>

2. Архипов, М.В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебник для вузов/ М.В.Архипов, М.В. Вартанов, Р.С.Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп.— Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Высшее образование).— ISBN 978-5-534-11992-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/566378>

Дополнительные учебные издания

3. Станкевич, Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования/ Л.А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 478с. — (Профессиональное образование). — ISBN978-5-534-20364-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/566524>

4. Малинин, Л.И. Теория электрических цепей: учебник для вузов/ Л.И. Малинин, В.Ю. Нейман. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 345с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04319-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/561004>

5. Прикладная механика: учебник для вузов/ В.В. Джамай, Е.А. Самойлов, А. И. Станкевич, Т.Ю. Чуркина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 347с. — (Высшее образование). — ISBN978-5-534-17747-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533662>

6. Коломейцева, М.Б. Основы импульсной и цифровой техники: учебник для вузов/ М.Б. Коломейцева, В.М. Беседин, Т.В. Ягодкина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 124с. — (Высшее образование).— ISBN978-5-534-06429-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL:<https://urait.ru/bcode/564594>

7. Лунин, В.П. Электротехника. Электрические и магнитные цепи: учебник и практикум для вузов/ В.П. Лунин, Э.В. Кузнецов; под общей редакцией В.П. Лунина.— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 301с. — (Высшее образование).— ISBN 978-5-534-19691-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL:<https://urait.ru/bcode/560566>

Интернет-ресурсы

8. Форум робототехники [Электронный ресурс]- открытый доступ <http://roboforum.ru/>

9. Роботы, Робототехника, Микроконтроллеры [Электронный ресурс]- открытый доступ <https://myrobot.ru/forum/>

Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

10. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ.

4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Формы и методы контроля и оценки результатов обучения

Результаты обучения	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
<p>Общие и профессиональные компетенции:</p> <p>ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам</p> <p>ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности</p> <p>ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках</p> <p>ПК 1.2 Определять действительные значения контролируемых параметров предметов труда с использованием средств измерений.</p> <p>ПК 2.3 Осуществлять работы по контролю, регламентированному и неплановому техническому обслуживанию промышленных роботов и робототехнологических комплексов.</p> <p>ПК 3.1 Разрабатывать предложения по автоматизации и механизации на основании анализа средств технологического обеспечения</p> <p>ПК 4.2 Контролировать ведение технологического процесса в соответствии с производственно-технологической документацией.</p> <p>ПК 2.4. Выполнять настройку и конфигурирование программируемых логических контроллеров робототехнологических комплексов в соответствии с принципиальными схемами подключения.</p>	<p>Текущий контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> - оценка устного опроса; - анализ и оценка результатов выполнения заданий в тестовой форме, практических работ, - наблюдение и оценка деятельности в процессе выполнения практических работ; - демонстрация навыка самоконтроля <p>Промежуточная аттестация в форме:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ДФК 3 семестр – зачет с оценкой 4 семестр
<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> -основные источники информации и ресурсы для решения задач и проблем в профессиональном и/или социальном контексте; -алгоритмы выполнения работ в профессиональной и смежных областях; -методы работы в профессиональной и смежных сферах; -структуру плана для решения задач; -приемы структурирования информации; 	

<ul style="list-style-type: none"> -содержание актуальной нормативно-правовой документации -современная научная и профессиональная терминология -возможные траектории профессионального развития и самообразования -значение математики в профессиональной деятельности; -основные понятия и методы теории функций нескольких переменных; -основные понятия и методы теории дифференциальных уравнений. 	
<p>Уметь:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> -распознавать задачу и/или проблему в профессиональном и/или социальном контексте; -анализировать задачу и/или проблему и выделять её составные части; -определять этапы решения задачи; -выявлять и эффективно искать информацию, необходимую для решения задачи и/или проблемы; -составлять план действия; -реализовывать составленный план -оценивать результат и последствия своих действий (самостоятельно или с помощью наставника) -определять задачи для поиска информации; -определять необходимые источники информации; -выделять наиболее значимое в перечне информации; -оценивать практическую значимость результатов поиска; -определять актуальность нормативно-правовой документации в профессиональной деятельности -применять современную научную профессиональную терминологию -определять и выстраивать траектории профессионального развития и самообразования -решать прикладные задачи в области профессиональной деятельности 	

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Показатели и критерии оценивания компетенций

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания содержатся в приложении 1.

Контрольные и тестовые задания

Контрольные задания содержатся в *приложении 1*.

Методические материалы

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, характеризующих формирование компетенций, содержатся в *приложении 1*.

Контрольно-оценочные средства

**для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
ОП.12 Основы мехатроники и роботизированные системы**

1.1. Форма промежуточной аттестации: ДФК (3 семестр); зачет с оценкой (4 семестр)

1.2. Система оценивания результатов выполнения заданий

Оценивание результатов выполнения заданий промежуточной аттестации осуществляется на основе следующих принципов:

достоверности оценки – оценивается уровень сформированности знаний, умений, практического опыта, общих и профессиональных компетенций, продемонстрированных обучающимися в ходе выполнения задания;

адекватности оценки – оценка выполнения заданий должна проводиться в отношении тех компетенций, которые необходимы для эффективного выполнения задания;

надежности оценки – система оценивания выполнения заданий должна обладать высокой степенью устойчивости при неоднократных оценках уровня сформированности знаний, умений, практического опыта, общих и профессиональных компетенций обучающихся;

комплексности оценки – система оценивания выполнения заданий должна позволять интегративно оценивать общие и профессиональные компетенции обучающихся;

объективности оценки – оценка выполнения заданий должна быть независимой от особенностей профессиональной ориентации или предпочтений преподавателей, осуществляющих контроль или аттестацию.

При выполнении процедур оценки заданий используются следующие основные методы:

метод расчета первичных баллов; метод расчета сводных баллов;

Результаты выполнения заданий оцениваются в соответствии с разработанными критериями оценки.

Используется пяти бальная шкала для оценивания результатов обучения:

Перевод пяти бальной шкалы учета результатов в пяти бальную оценочную шкалу:

Оценка	Количество баллов, набранных за выполнение теоретического и практического задания, средний балл по итогам аттестации
Оценка 5 «отлично»	4,6-5
Оценка 4 «хорошо»	3,6-4,5
Оценка 3 «удовлетворительно»	3-3,5
Оценка 2 «неудовлетворительно»	≤ 2,9

1.3. Контрольно-оценочные средства

1.3.1 Задание:

1. Ответить на один вопрос.
2. Выполнить практическое задание.

Примерные вопросы для собеседования:

1. Понятие мехатронной системы. Принцип синергетической интеграции элементов мехатронной системы. Примеры мехатронных модулей и систем, их классификация, особенности конструкции.

2. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами. Особенности систем компьютерного управления движением.

3. Обобщённая структура мехатронной системы. Принцип программноаппаратной интеграции при реализации мехатронной системы. Прецизионные механические подсистемы в мехатронике, особенности их конструкции и компоновки.

4. Кинематическое управление манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы). Дистанционное полуавтоматическое, командное и копирующее управление.

5. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения. Промышленные роботы, типовые конструкции отечественных и зарубежных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы.

6. Системы технического зрения, их структура и аппаратные средства. Предварительная обработка информации. Распознавание зрительных образов. Анализ двумерных и трёхмерных сцен.

7. Обобщённая функциональная схема, элементы и подсистемы роботов. Манипуляторы, схваты и рабочие органы, силовые агрегаты, механизмы разгрузки, системы очувствления, управляющие устройства, средства передвижения.

8. Уравнения динамики манипулятора в форме уравнений Лагранжа второго рода.

9. Системный подход при проектировании мехатронных систем. Методы моделирования и автоматизированного проектирования.

10. Определение обобщённых координат, скоростей и ускорений звеньев манипулятора.

11. Понятие робототехнической системы (РТС). Структура и компоненты РТС. Робототехника в современном автоматизированном производстве.

12. Приводы переменного тока. Устройство и механические характеристики асинхронных двигателей. Современные приводы на основе асинхронных двигателей и векторного управления.

13. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Электромеханические, электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике.

14. Энергетический расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов. Типовые режимы работы и диаграммы нагрузки. Тепловой расчёт.

15. Классификация информационных устройств, применяемых в робототехнике и мехатронике. Датчики внешней и внутренней информации. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов, тактильные датчики.

16. Импульсное регулирование частоты вращения. Применение широтноимпульсной модуляции. Механические характеристики двигателя постоянного тока при широтно- импульсном управлении.

17. Требования к технологическому процессу и конструкции изделий, обусловленные роботизацией. Принципы построения информационной структуры компьютеризированного производства, использующего РТС.

18. Мобильные роботы. Особенности конструкции и управления. Области применения.

19. Обобщенная функциональная схема эргодической (человеко-машинной) системы. Интерфейсы в системе «человек - робототехническая система». Способы взаимодействия оператора с роботом. Полуавтоматическое и командное управление, копирующее управление манипулятором.

20. Системы силомоментного оцувствления, конструкции датчиков, способы обработки сигналов. Применение роботов с силомоментным оцувствлением

Примерные практические задания

Практическое занятие №1. Принципы чтения принципиальных электрических и пневматических схем

Задание 1.1. Электрические схемы и принципы их чтения

Цель задания: изучить принципы чтения электрических схем.

Краткие теоретические сведения

Электрическая схема - графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения ее элементов и способы их соединения.

По количеству источников ЭДС схемы могут быть с одной или несколькими ЭДС.

По конфигурации (топологии) цепи могут быть неразветвленными (последовательными, одноконтурными) и разветвленными (параллельными, смешанными, многоконтурными).

В разветвленных схемах имеются ветви, узлы и контуры.

Ветвь - участок схемы с одним и тем же током. Ветвь может состоять из одного или нескольких последовательно соединенных элементов (конец первого элемента соединен с началом второго, конец второго с началом третьего и т.д.).

Узел - точка (место) соединения трех и более ветвей. Ветви, присоединенные к одной паре узлов, называются параллельными.

Контур - любой замкнутый путь, проходящий по нескольким ветвям. При этом независимым является такой контур, в который входит хотя бы одна новая ветвь, не входящая в остальные контуры.

При анализе и синтезе электрических цепей зачастую пользуются понятиями «земля» и «заземление точки». При этом под землей понимают любую проводящую среду, в том числе Землю, по которой могут свободно распространяться электрические заряды или протекать токи. Заземление любой точки схемы, в том числе одного из полюсов источника питания, означает, что потенциал

этой точки принят равным нулю ($\phi_3 = 0$). При этом потенциал любой точки схемы по отношению к заземленной точке (земле) равен напряжению между этой точкой и землей.

Электрические цепи и их элементы могут работать в режимах: номинальном, для которого они предназначены; холостого хода (ток в источнике электроэнергии или ее приемнике равен нулю); короткого замыкания (выводы источника электроэнергии или ее приемника замкнуты между собой); переходном (при переходе цепи из одного установившегося состояния в другое, например, при подключении участка цепи к источнику электропитания или отключении его от нее) и согласованном (при котором на нагрузке (приемнике) цепи выделяется максимальная мощность).

Методические указания к работе

Порядок чтения электросхем определяется поставленной задачей: поиск неисправности, проверка, ознакомление. В зависимости от поставленной задачи составляют перечень необходимой документации. Затем ее отбирают из комплекта и располагают так, чтобы чтение каждого последующего чертежа логически вытекало из предыдущего.

Для удобства чтения принципиальную схему подразделяют на отдельные части, блоки по функциональному назначению, пользуясь соответствующей схемой устройства. Обязательно изучают аппаратуру, используемую в схемах.

По экспликации определяют тип аппарата, по каталогу - его основные технические параметры, условия работы и схему включения, изучают источники электропитания, род тока, напряжение, защиту цепей. Далее, при рассмотрении каждой части как отдельного элемента, так и связей между ними выделяют в принципиальной схеме функциональные узлы, определяют их назначение, все входные и выходные сигналы, взаимосвязи между функциональными блоками. Следует иметь в виду, что монтажный блок не всегда соответствует функциональному и может быть оформлен группой однотипных элементов, которые входят в различные функциональные участки.

При чтении принципиальных схем иногда бывает полезно для уяснения принципа действия отдельные элементы одного монтажного блока, показанные

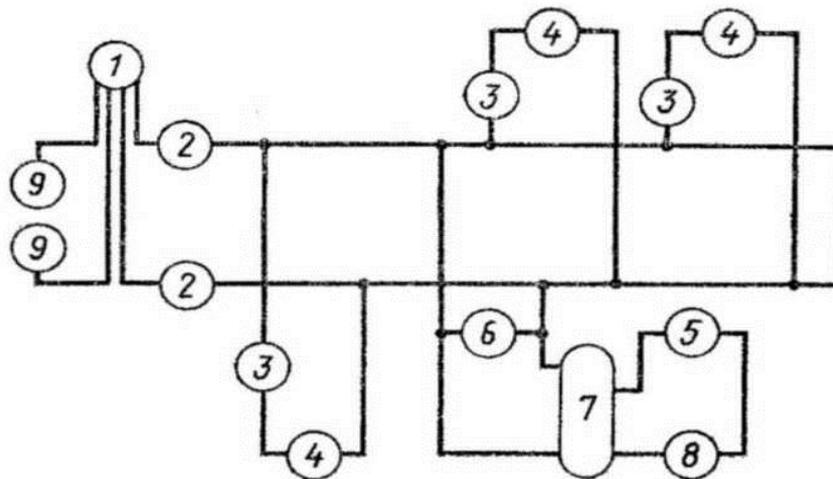
на одном чертеже, перенести или повторить на чертеже другого блока, связанного с первым через эти элементы. На выбранном чертеже необходимо прочитать все надписи, начиная с примечания, экспликации, пояснения. Далее определяют, какой технологический объект обслуживает схема, какие функции выполняет этот объект, узлы технологической системы, блоки узлов и их взаимодействие, месторасположение объекта и аппаратуры.

Чтение схем электрических соединений позволяет получить все данные об аппаратах, приборах и проводниках, составляющих данную схему, определить их назначение и порядок работы. Рассмотрение схемы надо начинать от источников питания (от аккумуляторных батарей и т.п.). Схемы необходимо чертить в соответствии с ГОСТ 2.702-2011 [2].

Задание

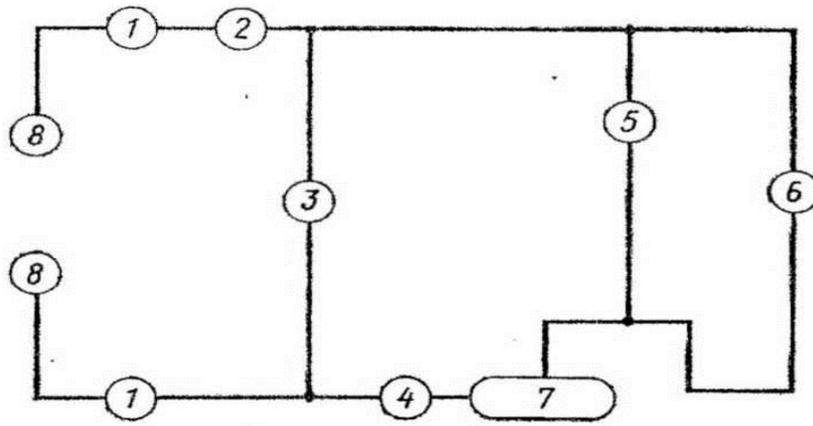
Выбрать одну из схем на рисунке 1 (по вариантам). Местонахождение приборов указано цифрами. Начертить схему, заменив цифры условными обозначениями электроприборов.

Вариант 1



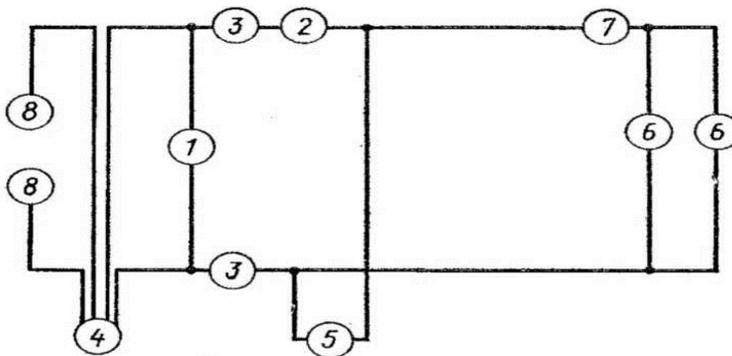
1 - счетчик; 2 - предохранитель плавкий; 3 - выключатель однополюсный; 4 - лампа накаливания; 5 - выключатель-кнопка; 6 - розетка; 7 - трансформатор; 8 - звонок; 9 - зажим.

Вариант 2



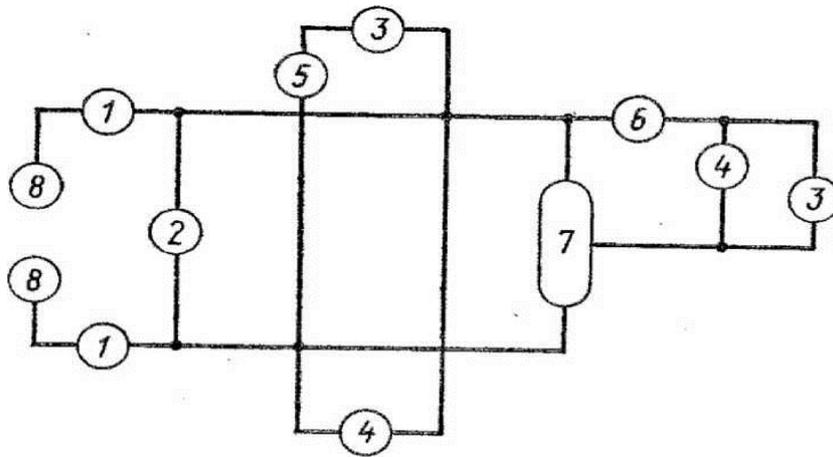
1 - предохранитель плавкий; 2 - амперметр; 3 - розетка; 4 - выключатель однополюсный; 5 - вольтметр; 6 - лампа накаливания; 7 - переменный резистор; 8 - зажим.

Вариант 3



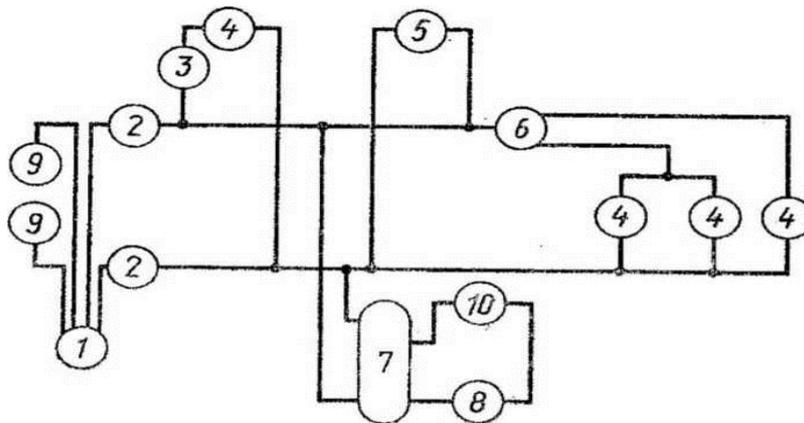
1 - вольтметр; 2 - амперметр; 3 - предохранитель; 4 - счетчик; 5 - розетка; 6 - лампа накаливания; 7 - выключатель однополюсный; 8 - зажим.

Вариант 4



1 - предохранитель; 2 - вольтметр; 3 - лампа накаливания; 4 - розетка; 5 - выключатель однополюсный; 6 - амперметр; 7 - переменный резистор; 8 - зажим.

Вариант 5



1 - счетчик; 2 - предохранитель; 3 - выключатель однополюсный; 4 - лампа накаливания; 5 - розетка; 6 - переключатель; 7 - трансформатор; 8 - звонок; 9 - зажим; 10 - выключатель-кнопка.

Задание 1.2 Пневматические схемы и принципы их чтения

Цель задания: изучить принципы чтения пневматических схем.

Краткие теоретические сведения

Пневматическая схема - это технический документ, содержащий в виде

условных графических изображений или обозначений информацию о строении изделия, его составных частях и взаимосвязи между ними, действие которого основывается на использовании энергии сжатой жидкости (газа). Разрабатываемая документация принципиальной пневматической схемы питания сжатым воздухом включает в себя всех потребителей этого вида энергии и служит основным документом для разработки соответствующих рабочих чертежей и осуществления нормальной эксплуатации этих технических средств.

Воздухопроводы на принципиальной пневматической схеме питания позиционного обозначения или маркировки не имеют. Однако на всех коллекторах и воздухопроводах от источника питания до последнего запорного органа на ответвлениях к пневмоприемникам должен быть указан размер условного прохода трубы. На коллекторах дополнительно указывается также давление сжатого воздуха.

Для улучшения чтения принципиальных пневматических схем и для более быстрого нахождения возникающих неисправностей эти схемы оформляются аналогично электрическим. Для облегчения чтения принципиальных пневматических схем на чертеже этих схем приводятся диаграммы замыкания контактов приборов, датчиков, реле и устройств с дискретным выходом, участвующих в работе этих схем, с целью определения последовательности работы отдельных цепей как по технологическому признаку, так и по времени.

Маркировка линий связи на принципиальной пневматической схеме, как правило, не наносится, особенно тогда, когда она выполнена в виде монтажной схемы или схемы внешних соединений, что относится к схемам контроля и регулирования, для которых используются средства приборного типа.

Трубные линии связи на принципиальных пневматических схемах показываются сплошной основной линией, а встречающиеся в некоторых схемах электрические цепи - штрихпунктирной. Маркируются трубные линии связи на принципиальных пневматических схемах цифрами по порядку. Все номера, присвоенные пневматическим линиям связи в принципиальных схемах, сохраняются во всех остальных схемах проекта.

Для всех модификаций приборов контроля измерительное устройство имеет одинаковую принципиальную пневматическую схему, выполненную по принципу компенсации сил. Погрешность системы измерения не превышает 1 %, а динамические свойства ее оцениваются полосой пропускания, определяемой диапазоном частот входного сигнала. В связи с отсутствием стандартных условных изображений пневматических средств автоматизации в принципиальных пневматических схемах используются упрощенные начертания этих средств в виде прямоугольников с указанием внутри или вблизи от них условного обозначения или заводского типа устройства. Как правило, в прямоугольниках указываются также номера присоединительных штуцеров приборов и устройств для подключения импульсных, командных и питающих линий связи.

Для первой системы целесообразно разобрать хотя бы кратко весь объем разработки: блочную схему, технологическую схему, алгоритм работы системы и принципиальные пневматические схемы. Для остальных систем будут указаны их функции, и даны принципиальные схемы, согласно соответствующему ГОСТ 2.704-2011.

Большая часть систем автоматизации базируется на применении серийно выпускаемых общеизвестных готовых изделий, в основном в виде регуляторов приборного типа соответствующего назначения, поэтому отпадает необходимость для них в составлении принципиальных пневматических схем, так как их принцип действия и состав каждого такого комплекта легко может быть прочитан на функциональных схемах и определен заводскими инструкциями на эти регуляторы.

Методические указания к работе

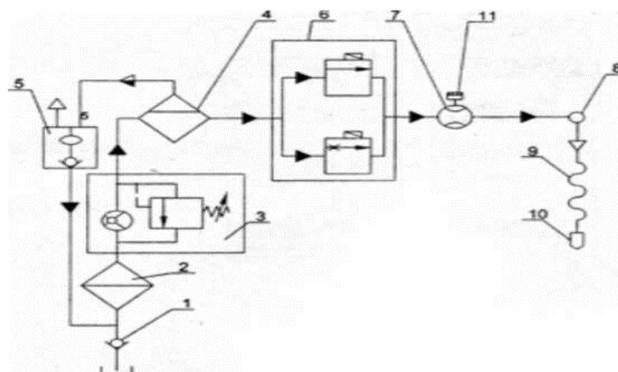
Ниже приведен алгоритм чтения пневматической схемы:

- рассмотреть пневматическую схему, ознакомиться с примечаниями, изучить технические требования и технические характеристики (если они имеются);
- ознакомиться с перечнем элементов, сопоставить обозначения на схеме с данными в перечне;

- найти на схеме источники сжатого воздуха (компрессоры, ресиверы, питающие магистрали);
- определить рабочее давление в системе, диапазон изменения расхода;
- выделить на схеме устройства регулирования давления - редуционные и предохранительные клапаны, блок подготовки воздуха;
- найти на схеме исполнительные механизмы - пневмоцилиндры, захваты, пневмомоторы;
- рассмотреть на пневматической схеме элементы управления - распределить, определить какие линии задействует или отключает каждый из них, что является управляющим сигналом для переключения каждого из пневмораспределителей;
- провести анализ работы каждой линии, определить, что является источником воздуха, какой распределитель задействует линию, какой исполнительный механизм активируется при наличии (отсутствии) давления в линии;
- на основе анализа отдельных элементов сделать вывод о работе всей пневматической схемы. При необходимости ознакомиться с технической документацией на ответственные пневмоаппараты.

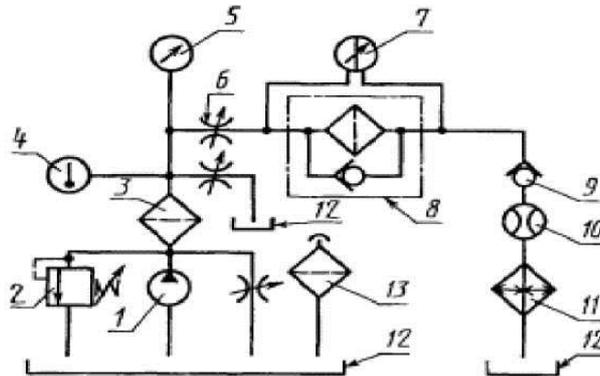
Задание

- выбрать одну из схем на рисунке 2 (по вариантам). Начертить схему, описать входящие в нее элементы, описать принцип действия, направления воздуха, последовательность работы элементов. Сделать предположение о назначении данной схемы. Вариант 1



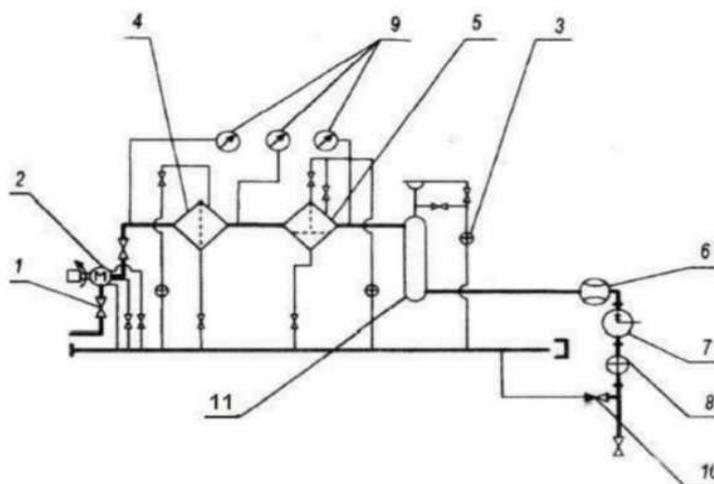
1 - клапан приемный; 2 - фильтр; 3 - насос; 4 - газоотделитель; 5 - камера поплавковая; 6 - клапан электромагнитный; 7 - измеритель объема; 8 - индикатор; 9 - рукав напорный; 10 - кран раздаточный; 11 - счетчик с датчиком импульсов.

Вариант 2



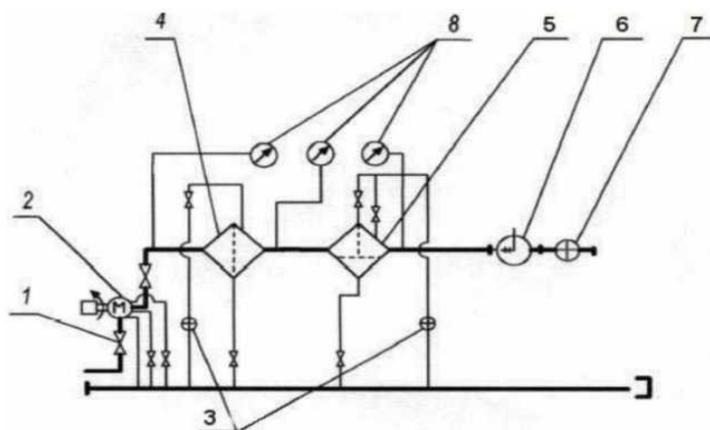
1 - насос; 2 - предохранительный гидроклапан; 3 - технологический фильтр; 4 - термометр; 5 - манометр; 6 - дроссель; 7 - манометр дифференциальный; 8 - фильтр испытуемый; 9 - обратный клапан; 10 - расходомер; 11 - теплообменный аппарат; 12 - гидробак; 13 - сапун.

Вариант 3



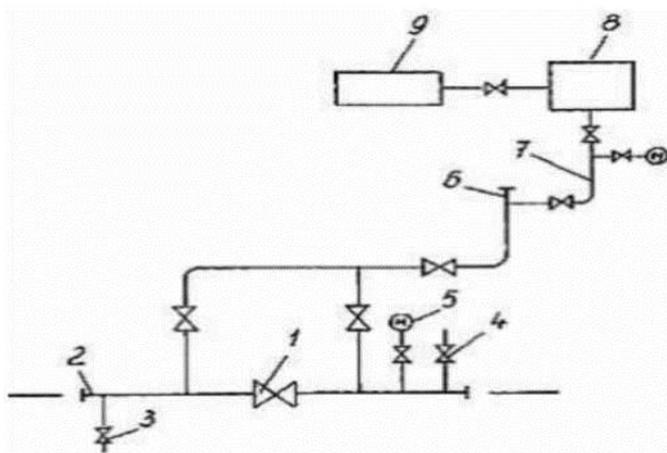
1 - задвижки шаровые; 2 - электронасосный агрегат; 3 - индикатор потока; 4 - фильтр типа ФГк; 5 - фильтр-водоотделитель типа ФВВ или ФВГ; 6 - счетчик жидкости; 7 - нейтрализатор статического электричества ИНСЭТ; 8 - индикатор потока; 9 - манометры; 10 - клапан предохранительный; 11 - дегазатор.

Вариант 4



1 - задвижки шаровые; 2 - электронасосный агрегат; 3 - индикатор потока; 4 - фильтр типа ФГк; 5 - фильтр-водоотделитель типа ФВВ или ФВГ; 6 - нейтрализатор статического электричества ИНСЭТ; 7 - индикатор потока; 8 - манометры.

Вариант 5



1 - крановый узел запорной арматуры; 2 - патрубок с заглушкой; 3 - сливной патрубок с краном; 4 - воздухопускной патрубок с краном; 5 - манометр; 6 - свеча с заглушкой; 7 - шлейф с арматурой; 8 - опрессовочный агрегат; 9 - передвижная емкость с водой.

1. Методы построения интегрированных мехатронных модулей и систем

1.1. Практическое занятие №2. Датчики и сенсоры для мехатронных систем

Цель занятия: научиться подбирать датчики под конкретные нужды.

Краткие теоретические сведения

Автоматизация различных технологических процессов, эффективное управление различными агрегатами, машинами, механизмами требуют многочисленных измерений разнообразных физических величин.

Датчики (в литературе часто называемые также измерительными преобразователями), или по-другому, сенсоры являются элементами многих систем автоматики - с их помощью получают информацию о параметрах контролируемой системы или устройства.

Датчик - это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и т.д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы. Или проще, датчик - это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

Используемые датчики весьма разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам: датчики механических перемещений (линейных и угловых), расходомеры, датчики скорости, ускорения, усилия, температуры, давления и др.

В настоящее время существует приблизительно следующее распределение доли измерений различных физических величин в промышленности: температура - 50 %, расход (массовый и объемный) - 15 %, давление - 10 %, уровень - 5 %, количество (масса, объем) - 5 %, время - 4 %, электрические и магнитные величины - менее 4 %.

По виду выходной величины, в которую преобразуется входная величина,

различают неэлектрические и электрические: датчики постоянного тока, датчики амплитуды переменного тока, датчики частоты переменного тока, датчики сопротивления (активного, индуктивного или емкостного) и др.

Большинство датчиков являются электрическими. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений:

- электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью;
- электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот;
- они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений.

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: генераторные и параметрические (датчики-модуляторы). Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра датчика.

По принципу действия датчики также можно разделить на омические, реостатные, фотоэлектрические (оптико-электронные), индуктивные, емкостные и др.

Различают три класса датчиков:

- аналоговые датчики, т. е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал, пропорционально изменению входной величины;
- цифровые датчики, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово;
- бинарные (двоичные) датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: "включено/выключено" (иначе говоря, 0 или 1); получили широкое распространение благодаря своей простоте.

Методические указания к работе

Выбор датчиков осуществляется путем определения процесса измерения и его ключевых параметров.

Выбрать датчики согласно следующим требованиям:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- работа при различных условиях эксплуатации;
- различные варианты монтажа;
- стоимость.

В работе необходимо проводить сравнение параметров, для выбора наилучшего решения.

Задание

Выбрать один из перечисленных ниже объектов, и подобрать датчики в соответствии с указанными характеристиками. Провести сравнение 3-4 датчиков каждого типа и выбрать наилучший. Описать их принципы действия.

1 Контроль качества прокатного цеха. Датчики: измеритель толщины (бесконтактный, диапазон измерений от 1 до 8 мм, погрешность не более 0,5 %), температуры листа (бесконтактный, диапазон измерений от 60 °С до 200 °С, погрешность не более 1 %) и времени (точность до 1 мс).

2 Климат-контроль помещения. Датчики: температуры воздуха (диапазон измерений от 0°С до 40 °С, погрешность не более 0,5 %), влажности воздуха (диапазон измерений от 30 % до 60 %, погрешность не более 0,1 %), загазованности (диапазон от 350 до 450 ppm, погрешность не более 1 %).

3 Производство стеклопакетов. Датчики: контроля высоты резака (диапазон регулировки высоты от 5 до 20 мм, погрешность не более 2 %), распознавания стекла (диапазон толщины стекла от 4 до 12 мм, погрешность не более 1 %), скорости вращения щеток в моющей машине (фотопрерыватель - 5 мм, погрешность не более 1 %).

4 Очистные сооружения. Датчики: уровня жидкости (бесконтактный, диапазон измерений от 8 до 12 м, погрешность не более 5 %), давления (диапа-

зон от 1 до 3 МПа, погрешность не более 5 %), температуры (диапазон от 10 °С до 70 °С, погрешность 1 %).

5 Система отопления здания. Датчики: расходомер ГВС (диапазон расхода от 0,1 до 1200 м³/ч, погрешность 5 %), давления (диапазон от 1 до 3 МПа, погрешность не более 5 %), датчик расхода электроэнергии (диапазон номинального напряжения от 120 до 240 В, погрешность 0,5 %)

1.2. Практическое занятие №3. Подбор контроллера для мехатронных систем

Цель занятия: научиться подбирать контроллер с учетом оборудования нижнего уровня.

Краткие теоретические сведения

Оборудованием второго уровня автоматизации является контроллер.

Контроллер - устройство управления в электронике и вычислительной технике. В настоящее время под контроллерами понимается достаточно большое количество устройств. Перечислим только те из них, которые имеют наибольшее отношение к мехатронике.

Промышленный контроллер - подсистема, управляющая работой подключенных к ней устройств, но, как правило, не изменяющая данные, которые могут проходить сквозь неё. Возможно форматирование потока данных для передачи или записи на носитель. К контроллерам могут подключаться периферийные устройства или каналы связи.

Исторически контроллером называли аппарат управления для пуска, останова, реверсирования или регулирования скорости вращения электродвигателей. Устройство представляло собой вал с контактами. Вал поворачивался от приводимого в движение механизма или отдельного двигателя. Контакты контроллера включались непосредственно в цепи питания электродвигателей. Устройство использовалось в электроприводе подъемно-транспортных машин и механизмов.

Программируемый логический контроллер (ПЛК) - специальная разно-

видность электронной вычислительной машины. Чаще всего ПЛК используют для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека.

Иногда на ПЛК строятся системы числового программного управления станков.

ПЛК - устройства, предназначенные для работы в системах реального времени.

ПЛК имеют ряд особенностей, отличающих их от прочих электронных приборов, применяемых в промышленности:

- в отличие от микроконтроллера (однокристалльного компьютера) - микросхемы, предназначенной для управления электронными устройствами - ПЛК являются самостоятельным устройством, а не отдельной микросхемой.

- в отличие от компьютеров, ориентированных на принятие решений и управление оператором, ПЛК ориентированы на работу с машинами через развитый ввод сигналов датчиков и вывод сигналов на исполнительные механизмы;

- в отличие от встраиваемых систем ПЛК изготавливаются как самостоятельные изделия, отдельные от управляемого при его помощи оборудования.

В системах управления технологическими объектами логические команды, как правило, преобладают над арифметическими операциями над числами с плавающей точкой, что позволяет при сравнительной простоте микроконтроллера (шины шириной 8 или 16 разрядов), получить мощные системы, действующие в режиме реального времени. В современных ПЛК числовые операции в языках их программирования реализуются наравне с логическими. Все языки программирования ПЛК имеют лёгкий доступ к манипулированию битами в машинных словах, в отличие от большинства высокоуровневых языков программирования современных компьютеров.

Методические указания к работе

Выбор контроллера осуществляется исходя из оборудования первого

уровня - датчиков, клапанов и других устройств.

Выбрать контроллер согласно следующим требованиям:

- 1) низкая стоимость;
- 2) высокая надежность;
- 3) высокая степень миниатюризации;
- 4) малое энергопотребление;
- 5) работоспособность в различных температурных диапазонах в зависимости от применения;
- 6) достаточная производительность для выполнения наборов функций.

Важность критериев (1 - наиболее важный, 6 - наименее важный) приведена в таблице 1 по вариантам.

Таблица 1 - Варианты заданий

Вариант	Важность критериев	Вариант	Важность критериев	Вариант	Важность критериев
1	1, 2, 3, 4, 5, 6	5	5, 3, 6, 2, 4, 1	9	1, 2, 6, 5, 4, 3
2	1, 2, 4, 3, 5, 6	6	5, 3, 6, 1, 2, 4	10	6, 5, 4, 3, 2, 1
3	2, 1, 3, 4, 6, 5	7	3, 6, 4, 1, 2, 5	11	3, 2, 6, 4, 1, 5
4	2, 4, 6, 5, 1, 3	8	3, 6, 4, 5, 1, 2	12	4, 2, 3, 5, 1, 6

Задание

Для выбранного объекта автоматизации и соответствующего ему набору датчиков, подобрать промышленный контроллер или ПЛК, с указанием основных параметров и принципов работы.

2. Математические методы модели построения мехатронных систем

2.1 Практическое занятие №4. Задачи манипулятора и перемещения

Цель занятия: научиться решать задачи перемещения грузов мехатронными модулями.

Краткие теоретические сведения

Для создания современных технологических машин, предназначенных для работы в различных областях науки и техники, необходимы мехатронные модули движения, удовлетворяющие ряду требований: высокой точности реализации исполнительных движений, надежности, долговечности, возможности работы при наличии различных видов возмущений и в широком диапазоне температур окружающей среды, а также значительно меньшим массогабаритным показателям по сравнению с обычным электроприводом.

Мехатронный модуль движения (ММД) представляет самостоятельное изделие, состоящее из механической, электрической (электротехнической) и информационной частей. Используются индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями.

Цель проектирования ММД - преобразование исходных данных в конструкторскую реализацию и соответствующую документацию, по которой может быть изготовлена система, удовлетворяющая сформулированным требованиям.

Под методикой конструирования будем понимать последовательность, взаимосвязь и взаимообусловленность этапов процесса конструирования мехатронного модуля.

Разработанный мехатронный модуль, рассматривался как часть некоторой мехатронной подсистемы, которая в свою очередь являлась частью более крупной мехатронной системы. Такое деление может считаться достаточно типичным, так как уровень сложности современных мехатронных систем заставляет уже при проектировании разбивать их на более мелкие подсистемы.

Разрабатываемый ММД должен быть достаточно рациональным. Критериями рациональности конструкции будем называть те признаки (оценки), по которым можно судить о рациональности создаваемого ММД в ходе конструирования. К таким критериям можно отнести технологичность конструкции, минимизацию массы, минимизацию габаритов (объема), надежность, экономичность и т.д.

Выбор критериев рациональности конструкции зависит от множества взаимосвязанных переменных и прежде всего от данных технического задания.

Одна из важных частей разработки мехатронного модуля - это анализ последних достижений науки и техники в области мехатроники. Мехатроника как наука не стоит на месте и с каждым днём становится всё более востребованной в таких сферах как армия, безопасность, а также в лабораториях и в быту. Анализ поставленной задачи и возможное направление ее решения, с учетом проведенного патентно-информационного поиска, состоял в поиске уже запатентованных решений поставленной задачи, выбор более оптимального решения и его усовершенствование. Очень важно понимать принцип работы будущего ММД, для этого нужно знать, что входит в его состав. Основные его части: механическое устройство, исполнительные двигатели, силовые преобразователи, устройство компьютерного управления и информационное устройство.

Методические указания к работе

На начальном этапе определяется по характеристике, какой угол соответствует заданному напряжению. Также, необходимо учитывать передаточное отношения редуктора для расчета угла поворота барабана.

Задание

Система контроля за перемещением груза 1 представляет собой потенциометрический преобразователь (датчик) 2, связанный с подвижным блоком 3, диаметром $D= 10$ см, через редуктор 4 с передаточным отношением $ip= 4$. Схема системы контроля показана на рисунке 3.

Необходимо определить, чему равно перемещение груза Y , какова ошибка измерения s , при каком значении Y ошибка будет максимальной и что

необходимо сделать, чтобы снизить максимальную ошибку до 5 %.

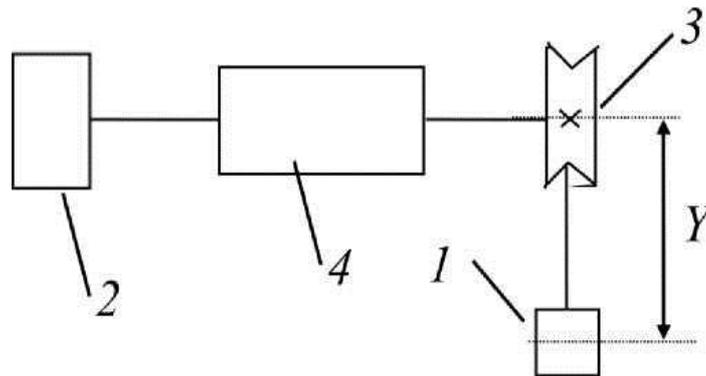


Рисунок 3 - Расчетная схема

Варианты заданий приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Варианты заданий

Параметры	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Диаметр блока D , м	0,15	0,2	0,25	0,1	0,3
Передаточное число редуктора, i_p	4	12	6	10	8
Максимальная погрешность e_{max} , %	4	6	5	8	10
Номинальное сопротивление датчика Rd , кОм	1,5	3	5	6	0,5
Сопротивление нагрузки RH , кОм	6	9	10	18	4
Текущий выходной сигнал датчика $u_{вых}$, В	6	12	10	5	10
Максимальное выходное напряжение датчика U_{max} , В	10	20	30	15	25

2.2 Практическое занятие №5. Тензометрическая система контроля

Цель занятия: научиться определять напряжение тензометрической системы контроля нагружения объекта.

Краткие теоретические сведения

Метод тензометрии является наиболее широко распространенным при проведении различных экспериментальных исследований.

Данный метод основывается на общих законах механики и сопротивления материалов. Тензометрия находит применение при решении целого спектра серьезных задач, таких как определение нагрузки в агрегатах и машинах и оценка их надежности, а также помогает выявить возможные необходимые ограничения в эксплуатации техники и вести контроль за статической и динамической составляющими механических нагрузок, возникающих в инженерных сооружениях и агрегатах.

Тензорезисторы получили широкое распространение. Основными причинами для этого служат их малая инерционность и возможность проведения измерений деформаций дистанционно и в нескольких точках исследуемого объекта. Ввиду своих малых размеров и массы тензорезисторы могут быть размещены в труднодоступных местах (в том числе и во время сборки конструкции).

Кроме того, установка тензорезистора на исследуемую деталь относительно проста и не требует особых инструментов. Вследствие развития промышленности условия измерения деформаций объектов претерпели существенные изменения. В частности, рабочие температуры некоторых агрегатов на сегодняшний день составляют от 269 °С до 1000 °С, также исследуемый агрегат может испытывать длительные нагрузки различных видов.

Улучшение имеющихся и разработка новых динамометров и датчиков давления тензорезистивного типа повлекли за собой необходимость создания новых видов тензорезисторов, способных обеспечивать измерительным устройствам, в которых они применяются, погрешность измерения до сотых долей процента.

Задание

Определить выходное напряжение тензометрической системы контроля нагружения объекта (рисунок 4), если известны сопротивления плеч моста $R_1 = 20$ кОм, $R_2 = 10$ кОм, $R_3 = 20$ кОм; коэффициент Пуассона $\nu = 0,25$; модуль упругости материала объекта $E = 2 \cdot 10^{11}$ Н/м² и усилие нагружения $F = 2 \cdot 10^6$ Н. Напряжение питания тензомоста $U_{пит} = 10$ В. Параметры объекта нагружения: $a = 0,01$ м, $b = 0,02$ м.

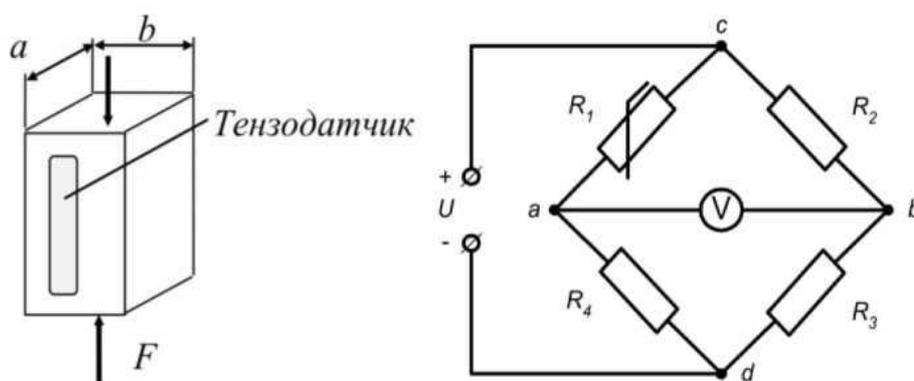


Рисунок 4 - Расчетная схема (а) и схема тензомоста (б)

Варианты заданий приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Варианты заданий

Параметры	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
Диаметр штока гидроцилиндра D , м	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Напряжение питания тензомоста $U_{пит}$, В	10	15	8	12	5
Усилие на штоке, F , кН	7500	15000	5000	10000	12000
Сопротивления тензомоста $R_2/R_3/R_4$, кОм	10/20/10	12/20/24	8/15/8	12/8/12	20/12/40

2.3. Практическое занятие №6. Расчет электродвигателя для мехатронных модулей

Цель занятия: научиться выбирать двигатель, достаточный для применения в конкретном мехатронном модуле.

Краткие теоретические сведения

Мехатронные модули движения (ММД) являются функциональными «кубиками», из которых затем можно компоновать сложные мехатронные системы.

Моторы-редукторы являются, по-видимому, исторически первыми по принципу своего построения мехатронными модулями, которые стали серийно выпускаться и нашли очень широкое применение в приводах различных машин и механизмов. Мотор-редуктор представляет собой компактный конструктивный модуль, объединяющий электродвигатель и редуктор. По сравнению с традиционным соединением двигателя и редуктора через муфту моторы-редукторы обладают целым рядом существенных преимуществ.

Задание

Необходимо выбрать электродвигатель постоянного тока, обеспечивающий поворот объекта управления с требуемым усилием при повороте до 50 Н.

Варианты заданий приведены в таблице 4.

Таблица 4 — Варианты заданий

Параметры	Варианты заданий				
	1	2	3	4	5
J , кг·м ²	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
J , кг·м ²	2	2,5	3	3,5	4
$M_{н max}$, Н·м	38	4	45	35	32
n_{max} , об/мин	20	25	15	30	10
e_{max} , рад/с ²	3	4	5	2	6
S_{max}	7,5	8,5	9,5	6,5	11,5

3. Проектирование мехатронных систем

3.1 Практическое занятие №7. Структурные схемы систем управления

Цель занятия: получить первичные навыки составления структурных схем автоматики по заданным дифференциальным уравнениям.

Краткие теоретические сведения

Структурной схемой системы управления называют графическое представление ее математической модели в виде соединений звеньев, изображаемых в виде прямоугольников или кругов (для сумматора), с указанием входных и выходных переменных. Обычно внутри прямоугольника указывается условное обозначение оператора изображаемого им звена, а сам оператор в виде передаточной функции или дифференциального уравнения задается вне структурной схемы.

В сумматоре входные переменные складываются. Однако, если перед каким-либо входом стоит знак минус, переменная по этому входу вычитается.

Все звенья описываются передаточной функцией в изображениях Лапласа. При этом для краткости записи аргументы передаточных функций и переменных опускаются.

При параллельном соединении выходная переменная предшествующего звена является входной переменной последующего звена. При последовательном соединении передаточные функции отдельных звеньев перемножаются, и при преобразовании структурных схем цепочку из последовательно соединенных звеньев можно заменить одним звеном с передаточной функцией.

Если выход какого-либо звена поступает на сумматор с отрицательным знаком, то передаточная функция этого звена складывается с отрицательным знаком, т.е. вычитается.

Методические указания к работе

Для составления структурной схемы необходимо обозначать производную (дифференциал) через некоторый оператор Лапласа p , т.е. d/dt^p .

При решении необходимо учитывать, что дифференцирование идет последовательно, что дает возможность соединения производных на различных этапах.

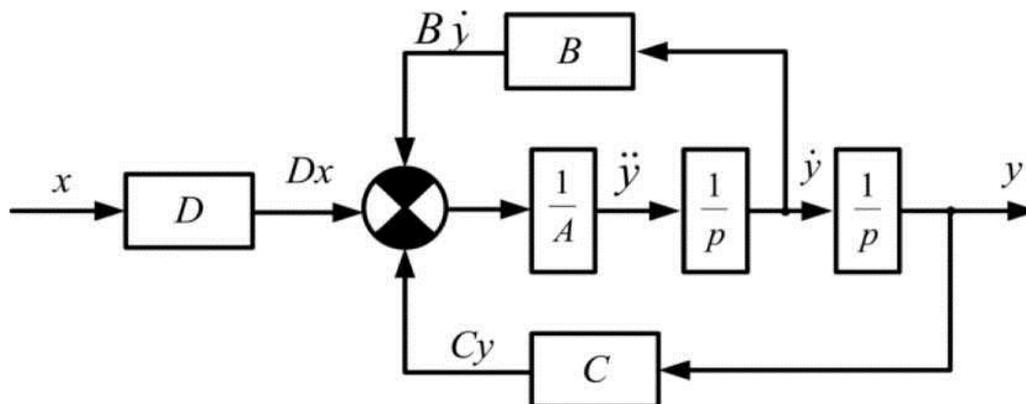


Рисунок 5 - Структурная схема мехатронного звена

Задание

Составить структурную схему для следующих параметров (по вариантам).

Варианты заданий:

- 1) 6,3,4,5,2,2
- 2) 7,1,1,6,4,4
- 3) 8,9,0,1,2,1
- 4) 7,6,1,0,0,3
- 5) 5,5,3,9,1,0
- 6) 6,6,6,1,4,7

4. Программируемое управление мехатронными системами

4.1. Практическое занятие №8. Программирование в среде C++

Цель занятия: получить первичные навыки программирования на языке C++.

Краткие теоретические сведения

C++ это компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает разные парадигмы программирования: процедурную, обобщённую, функциональную; наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования.

Поддерживает такие парадигмы программирования как процедурное программирование, объектно-ориентированное программирование, обобщённое программирование, обеспечивает модульность, отдельную компиляцию, обработку исключений, абстракцию данных, объявление типов (классов) объектов, виртуальные функции. Стандартная библиотека включает, в том числе, общеупотребительные контейнеры и алгоритмы. C++ сочетает свойства как высокоуровневых, так и низкоуровневых языков. В сравнении с его предшественником - языком C - наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного и обобщённого программирования.

C++ широко используется для разработки программного обеспечения, являясь одним из самых популярных языков программирования. Область его применения включает создание операционных систем, разнообразных прикладных программ, драйверов устройств, приложений для встраиваемых систем, высокопроизводительных серверов, а также развлекательных приложений. Существует множество реализаций языка C++, как бесплатных, так и коммерческих и для различных платформ.

В 1990-х годах язык стал одним из наиболее широко используемых языков программирования общего назначения. Первым официальным стандартом языка стал ISO/IEC 14882:1998, более известный как C++98. В 2003 году была принята его дополненная версия, C++03, а в 2005 году был опубликован 35

«Library Technical Report 1» (сокращенно TR1) - документ, описывающий расширения стандартной библиотеки. TR1 не является стандартом, но большинство актуальных компиляторов C++ поддерживает его. Наконец, в 2011 году был принят текущий стандарт, C++11.

Нововведениями C++ в сравнении с C являются:

- поддержка объектно-ориентированного программирования через классы. C++ предоставляет все четыре возможности ООП - абстракцию, инкапсуляцию, наследование (в том числе и множественное) и полиморфизм.

- поддержка обобщенного программирования через шаблоны функций и классов;

- стандартная библиотека C++ состоит из стандартной библиотеки C (с некоторыми модификациями) и библиотеки шаблонов (Standard Template Library, STL), которая предоставляет обширный набор обобщенных контейнеров и алгоритмов;

- дополнительные типы данных;

- обработка исключений;

- виртуальные функции;

- пространства имён;

- встраиваемые (inline) функции;

- перегрузка (overloading) операторов;

- перегрузка имён функций;

- ссылки и операторы управления свободно распределяемой памятью

Методические указания к работе

Рассмотрим алгоритм создания проектов на языке C++ в Visual Studio.

1 New Project: Создание проекта.

Пункт меню File ->New ->Project (Файл -> Создать -> Проект).

В открывшемся окне в разделе Project Types (Установленные) найти Visual C++.

В разделе Templates (Шаблоны) необходимо выбрать Win32 Console Application (Консольное приложение Win32).

Указать имя нового «решения» (Solution Name) и имя проекта (Name).

Сохранить проект на локальном диске в легко доступном месте (например,

D:\Projects).

Можно снять галочку Create folder for solution (Создать каталог для решения), чтобы не множить каталоги без необходимости.

В следующем диалоговом окне щелкнуть Далее и затем выбрать Application Settings(Дополнительные параметры) -> Empty Project (Пустой проект). Убрать галочку с пункта Проверки жизненного цикла...

2 Add files: Добавление файлов.

Правый клик на проекте в окне Solution Explorer (Обозреватель решений) - пункт Add(Добавить) — пункт Create New Item (Создать элемент) или Add existing Item (Существующий элемент). Для этого и любого другого проекта понадобится как минимум один файл с точкой входа в программу — функцией main.

3 Exclude files: Исключение файлов.

Сначала удобно создать один проект и добавлять в него по одному файлу с решением каждой отдельной задачи. Однако при этом возникает проблема: в нескольких файлах проекта присутствует функция main, что противоречит правилам C++. Для решения данной проблемы, необходимо «исключать» файлы из проекта (правый клик на файле, Exclude from project (Исключить)). При этом файлы исчезнут из окна проекта, однако сохранятся в каталоге проекта на диске.

Задание

Написать программу для нахождения максимума из последовательности n вводимых целых чисел. Последовательность определяется преподавателем в начале выполнения работы, и должна содержать не менее 11 (одиннадцати 2-х, 3-х значных чисел)

5. Управление мехатронными системами на основе интернет-технологий

5.1. Практическое занятие №9. Разработка интерфейса в SCADA- системе

Цель занятия: получить первичные навыки составления структурных схем автоматики по заданным условиям.

Краткие теоретические сведения

SCADA-системы (Supervisory Control and Data Acquisition) - это системы диспетчерского контроля, управления и сбора данных о технологических процессах и работе участков, цехов и предприятия в целом.

SCADA-система состоит из компьютерной (виртуальной части) и физической. Компьютерная часть это программы, мнемосхемы, базы данных, позволяющие оператору (диспетчеру), а также в автоматическом режиме контролировать технологический процесс, управлять его ходом и документировать его параметры, осуществлять связь и обмен информацией с внешними элементами системы управления и другими компьютерами и контроллерами, участвующими в управлении.

Физическая часть SCADA-системы это оконечные устройства управления: датчики, преобразователи, исполнительные устройства, непосредственно воздействующие на объекты управления, которые, например, составляют технологическую цепочку, а также промежуточные управляющие устройства (встроенные в управление подсистемами компьютеры, программируемые логические контроллеры) и линии связи с этими устройствами.

Проектирование систем автоматики (АСУТП и АСУ) предполагает и создание проекта построения физической части системы SCADA, и ее виртуальной части.

Проектирование физической части осуществляется в соответствии с требованиями технологии, и состоит в выборе и определении предполагаемых мест размещения физических элементов автоматики, моделировании и оптимизации параметров отдельных САУ.

Проектирование виртуальной части SCADA системы проводится в специальной программе, редакторе проекта SCADA и состоит в выборе и задании свойств

компонентов проекта SCADA -системы (мнемосхем, программ обработки информации и выработки сигналов и команд, протоколов и драйверов устройств и модулей связи, форм и порядка документирования хода процесса управления и др.) и соединении их посредством некоторых переменных (аргументов) друг с другом, а также с внешними устройствами.

Такого рода проекты создаются в общей среде как для АРМ, так и для подчиненных им встроенных в управление (embedded) компьютеров и контроллеров.

Реализация виртуальной части проекта осуществляется путем запуска на компьютере АРМ диспетчера специальной программы, Монитора реального времени (MPB), куда загружаются файлы, созданные на стадии проектирования в Редакторе проекта SCADA. Используя MPB, диспетчер, наблюдая за мнемосхемой (виртуальным диспетчерским пультом), имеет представление о текущем состоянии технологического процесса, возможность вмешаться в управление им, а также может получить и проанализировать его историю. Кроме того, и сам Монитор, в соответствии с логикой, заложенной на стадии проектирования виртуальной части SCADA, осуществляет контроль и управление технологическим процессом.

Обычно фирмы - разработчики предоставляют потребителю, проектировщику системы автоматизации, т.н. Интегрированную среду (ИС), т.е. совокупность Редактора проекта SCADA-системы и программу его реализации - Монитор реального времени (MPB).

Существует довольно много программ для разработки SCADA-систем: TRACE MODE (Москва, Россия), WinCC (Сименс), PcVue (Франция), SIMP Light SCADA (Нижний Тагил, Россия), Wonderware HMI/SCADA (Klinkman) и др. К SCADA-системам иногда относят и известную и солидную программу LabView, которая в большей мере используется для автоматизации управления физическими техническими экспериментами.

Методические указания к работе

Проектирование лучше организовать по последовательному принципу: создавать и отлаживать одну ветвь или один контур управления, к которым можно поочередно добавлять другие ветви и контуры, последовательно отлаживая их работу.

TRACE MODE сравнительно медленно работающая система с опросом внешних устройств, на который могут потребоваться доли секунд, секунды и десятки секунд.

При выполнении заданий важно не просто автоматически выполнять предлагаемые действия, благо они подробно проиллюстрированы, а запомнить и, главное, понять и почувствовать принципы и логику построения проекта.

Отметим, что равноценные проекты, приводящие к правильно работающим виртуальным системам контроля и управления (SCADA) могут быть построены несколько отличающимися способами, например, привязкой переменных.

Задание

Разработать базовый интерфейс в TRACE MODE и программу из следующего таблицы 5.

Таблица 5 — Варианты заданий

1	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем и диагностикой координатно-расточного станка 2E450
2	Разработка и моделирование автоматизированной системы защиты и диагностики электродвигателей постоянного тока
3	Разработка и моделирование автоматизированной системы оперативного управления сортировочным конвейером
4	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем и диагностикой вертикально-фрезерного станка 6Т13
5	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления поддержанием микроклимата холодильного цеха
6	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления движением робота-манипулятора сварочного оборудования
7	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем и диагностикой токарного станка 16К20
8	Разработка и моделирование автоматизированной системы контроля качества шарикоподшипниковых узлов качения.
9	Разработка и моделирование автоматизированной системы защиты и диагностики высоковольтного оборудования и приборов на производстве
10	Разработка и моделирование автоматизированной системы контроля посредством лазерного измерительного комплекса для высокоточного оптического контроля параметров точности детали.
11	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления электрической парогенераторной установкой тепловой энергостанции
12	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления климатической камерой испытания высокоточного оптического оборудования
13	Разработка и моделирование автоматизированной системы защиты и диагностики электродвигателей постоянного тока промышленного предприятия
14	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления

	температурным режимом работы фрезерных станков с ЧПУ.
15	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем заполнения бункеров конвейерной линии.
16	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления линией производства однослойных печатных плат.
17	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем и диагностикой прецизионного токарного станка ТПК 125
18	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления сортировки на складе хранения деталей роботом-манипулятором.
19	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления гидросистемой токарного полуавтомата.
20	Разработка и моделирование автоматизированной системы контроля качества водоочистного сооружения
21	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления универсальным коллекторным электродвигателем.
22	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления линией гальванических покрытий.
23	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления линией сборки подшипников роликовой группы.
24	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем качества линейно-угловых измерений
25	Разработка и моделирование автоматизированной системы управления контролем и диагностикой прецизионного токарного станка ТПАРМ100

1.3.2. Критерии оценки

Критерии оценки результатов выполнения теоретического задания		Баллы в соответствии с критериями оценки
		Максимальный балл – 2,0
1	Демонстрирует глубокое, полное знание и понимание программного материала. Последовательно, самостоятельно раскрывает основное содержание вопроса. Выводы аргументированы, основаны на самостоятельно выполненном анализе, обобщении данных. Четко и верно даны определения понятий и научных терминов. Дает верные, самостоятельные ответы на вопросы.	2,0
2	Демонстрирует недостаточно глубокое, полное знание и понимание программного материала. Недостаточно последовательно, но самостоятельно раскрывает основное содержание вопроса. Выводы основаны на самостоятельно выполненном анализе, обобщении данных, но в отдельных случаях недостаточно аргументированы. Недостаточно четко и верно даны определения понятий и научных терминов. При ответе на вопросы допускает несущественные ошибки, которые может исправить самостоятельно.	1,5
3	Демонстрирует в отдельных вопросах, неглубокое владение знаниями программного материала. Излагает программный материал фрагментарно, не всегда последовательно. Допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии. При ответе на вопросы допускает неточности.	0,8
4	Студент демонстрирует незнание и непонимание программного материала. Основное содержание учебного материала не раскрыто; допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии. Затрудняется отвечать на вопросы, при ответе допускает серьезные ошибки.	0
ИТОГО		2

№	Критерии оценки для практических задач	Баллы за критерии оценки
1	Создать твердотельную модель	Максимальный балл – 2 балла
	- верно и последовательно выполнил все этапы решения задач на ПК; - работа выполнена полностью и получен верный ответ или иное требуемое представление результата работы;	2,0
	- работа выполнена полностью, но при выполнении обнаружилось недостаточное владение навыками работы с ПК в рамках поставленной задачи; - правильно выполнена большая часть работы (свыше 85%); - работа выполнена полностью, но использованы наименее оптимальные подходы к решению поставленной задачи.	1,2
	- работа выполнена не полностью, допущено более трех ошибок, но студент владеет основными навыками работы на ПК, требуемыми для решения поставленной задачи	0,5
	- допущены существенные ошибки, показавшие, что учащийся не владеет обязательными знаниями, умениями и навыками работы на ПК или значительная часть работы выполнена не самостоятельно. - работа показала полное отсутствие у студента обязательных знаний и навыков работы на ПК по проверяемой теме.	0
ИТОГО		2

1.4 Материально-техническое обеспечение для проведения промежуточной аттестации

Аттестация проводится в кабинете

1.5 Учебно-методическое и информационное обеспечение для проведения промежуточной аттестации

Основные учебные издания

1. Основы мехатроники: учебник для СПО / И. В. Абрамов, А. И. Абрамов, Ю. Р. Никитин, С. А. Трефилов. — 2-е изд. — Саратов: Профобразование, 2024. — 179 с. — ISBN 978-5-4488-1989-6. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/138452>

2. Архипов, М.В. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами: учебник для вузов/ М.В.Архипов, М.В. Вартанов, Р.С.Мищенко. — 2-е изд., испр. и доп.— Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Высшее

образование).— ISBN 978-5-534-11992-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/566378>

Дополнительные учебные издания

3. Станкевич, Л.А. Интеллектуальные системы и технологии: учебник и практикум для среднего профессионального образования/ Л.А. Станкевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 478с. — (Профессиональное образование). — ISBN978-5-534-20364-6. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/566524>

4. Малинин, Л.И. Теория электрических цепей: учебник для вузов/ Л.И. Малинин, В.Ю. Нейман. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 345с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04319-8. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL:<https://urait.ru/bcode/561004>

5. Прикладная механика: учебник для вузов/ В.В. Джамай, Е.А. Самойлов, А. И. Станкевич, Т.Ю. Чуркина. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 347с. — (Высшее образование). — ISBN978-5-534-17747-3. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/533662>

6. Коломейцева, М.Б. Основы импульсной и цифровой техники: учебник для вузов/ М.Б. Коломейцева, В.М. Беседин, Т.В. Ягодкина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 124с. — (Высшее образование).— ISBN978-5-534-06429-2. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL:<https://urait.ru/bcode/564594>

7. Лунин, В.П. Электротехника. Электрические и магнитные цепи: учебник и практикум для вузов/ В.П. Лунин, Э.В. Кузнецов; под общей редакцией В.П. Лунина.— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2025. — 301с. — (Высшее образование).— ISBN 978-5-534-19691-7. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт. — URL:<https://urait.ru/bcode/560566>

Интернет-ресурсы

8. Форум робототехники [Электронный ресурс]- открытый доступ <http://roboforum.ru/>

9. Роботы, Робототехника, Микроконтроллеры [Электронный ресурс]-
открытый доступ <https://myrobot.ru/forum/>

Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

10. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ.