

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра подъемно-транспортных, строительных,
дорожных машин и оборудования**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

«_____» декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Б1.В.08

СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ

Подъемно-транспортные, строительные, дорожные средства и оборудование

Квалификация выпускника: инженер

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	5
4.3 Лабораторные работы.....	19
4.4 Практические занятия.....	19
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	19
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	20
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	21
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических занятий.....	22
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	40
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	40
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	41
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	45
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	46
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	47

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Изучение принципов построения, анализа и синтеза современных технических систем, формирование знаний по общим и специфическим вопросам управления техническими системами.

Задачи дисциплины

Освоение основных положений и принципов управления техническими системами.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-11	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования	знать: навыки осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования ; уметь осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;; владеть: навыками осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования
ПСК – 2.8	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования	знать: принципы работы, свойства, технические характеристики, конструктивные особенности технических систем; уметь: осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации; владеть: методами контроля и управления техническими системами.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.08 Управление техническими системами относится к вариативной части.

Дисциплина Управление техническими системами базируется на знаниях, полученных при изучении таких дисциплин, как математика, автоматизация инженерно-графических

работ, теория механизмов и машин.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Управление техническими системами представляет основу для изучения таких дисциплин, как надежность механических систем, эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации специалист.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Заочная	4	-	144	10	6	4	-	125	-	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по курсам, час
			4
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	10	20	10
Лекции (Лк)	6	-	6
Лабораторные работы (ЛР)	4	20	4
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	125	-	125
Подготовка к практическим занятиям	100	-	100
Подготовка к экзамену в течении семестра	25	-	25
III. Промежуточная аттестация экзамен	4	-	4
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	144	-	144
	4	-	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
1.	Автоматизированные системы управления.	64	2	2	60
1.1.	Системы автоматического управления и следящие системы.	37	1	1	35
1.2.	Системы автоматического регулирования.	27	1	1	25
2.	Системы управления технологическим оборудованием.	71	4	2	65
2.1.	Классификация систем управления оборудованием.	16,5	1	0,5	15
2.2.	Системы числового программного управления промышленным оборудованием.	16,5	1	0,5	15
2.3.	Системы адаптивного программного управления.	16,5	1	0,5	15
2.4.	Гибкие производственные системы и гибкие производственные модули.	21,5	1	0,5	20
	ИТОГО	135	6	4	125

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам.

Раздел 1. Автоматизированные системы управления.

Тема 1.1. Системы автоматического управления и следящие системы.

Автоматизация - высшая степень механизации производственных процессов - существенно улучшает условия труда. Техническое устройство, выполняющее операции управления без непосредственного участия человека, называется автоматическим устройством. Автоматизация облегчает труд рабочего, позволяет находиться на безопасном расстоянии от производственного процесса, и, кроме того, способствует увеличению долговечности оборудования благодаря снижению перегрузов, обеспечивает эксплуатацию машин в рациональных режимах при оптимальных расходах электроэнергии, предотвращает возникновение аварийных ситуаций, облегчает поиск неисправностей и этим сокращает простои. С автоматизацией производственных процессов мы сталкиваемся повсеместно: при осуществлении погрузочно-разгрузочных работ, при контроле производства и качества какой-либо продукции, при проведении анализирования деятельности производства. Задача автоматизации состоит в осуществлении автоматического управления различными техническими процессами. Автоматическое управление в технике, совокупность действий,

направленных на поддержание или улучшение функционирования управляемого объекта без непосредственного участия человека в соответствии с заданной целью управления. Автоматическое управление широко применяется во многих технических и биотехнических системах для выполнения операций, не осуществимых человеком в связи с необходимостью переработки большого количества информации в ограниченное время, для повышения производительности труда, качества и точности регулирования, освобождения человека от управления системами, функционирующими в условиях относительной недоступности или опасных для здоровья. В различных технологических и производственных процессах величины, их характеризующие, должны удовлетворять определенным условиям. Создание условий, гарантирующих требуемое протекание любого процесса, называется управлением, т.е. под управлением понимают такую организацию того или иного процесса, которая обеспечивает достижение определенной цели. Цель управления тем или иным образом связывается с изменением во времени регулируемой (управляемой) величины — выходной величины управляемого объекта. Машина, аппарат, агрегат, комплекс машин или система, в которых протекает процесс, подлежащий управлению, называются объектами управления, т.е. это совокупность технических средств, выполняющих данный процесс. Для осуществления цели управления, с учётом особенностей управляемых объектов различной природы и специфики отдельных классов систем, организуется воздействие на управляющие органы объекта — управляющее воздействие. Управляющим - называют воздействие, подаваемое на объект с целью изменить ход процесса в соответствии с заданием. Если управление осуществляется без участия человека, то оно называется автоматическим, а если с участием человека - ручным. Оно предназначено также для компенсации эффекта внешних возмущающих воздействий, стремящихся нарушить требуемое поведение регулируемой величины. Управляющее воздействие вырабатывается устройством управления (УУ). Совокупность автоматического управляющего устройства и объекта управления, связанных и взаимодействующих между собой в соответствии с алгоритмом управления, называют системой автоматического управления (САУ). В теории автоматического управления каждый элемент блок-схемы называют элементарным звеном, реализующим элементарную операцию и характеризующимся математическим выражением.

Различают два типа блок-схем: структурные и функциональные, имеющие одинаковое или аналогичное графическое изображение, но различную сущность. Структурной блок-схемой называют схему, в которой элементарные звенья, обозначенные буквами, соответствующими названиям отдельных электрических устройств (блоков), рассматривают с точки зрения динамики системы и описывают математическими (алгебраическими, дифференциальными, интегральными) уравнениями - передаточными функциями. Функциональной блок-схемой называют схему с обозначением составных звеньев (функциональных блоков) по роду выполняемых функций. Современное промышленное производство характеризуется ростом масштабов и усложнением технологических процессов, увеличением единичной мощности отдельных агрегатов и установок, применением интенсивных, высокоскоростных режимов, близких к критическим, повышением требований к качеству продукции, безопасности персонала, сохранности оборудования и окружающей среды. Экономичное, надежное и безопасное функционирование сложных технических объектов может быть обеспечено с помощью лишь самых совершенных технических средств, разработка, изготовление, монтаж, наладка и эксплуатация которых немислимы без знания ТАУ. Современными тенденциями в автоматизации производства являются: - широкое применение ЭВМ для управления; - создание машин и оборудования со встроенными микропроцессорными средствами измерения, контроля и регулирования; - переход на децентрализованные (распределенные) структуры управления с микроЭВМ; - внедрение человеко-машинных систем; - использование высоконадежных технических средств; - автоматизированное проектирование систем управления.

Тема 1.2. Системы автоматического регулирования.

Система автоматического регулирования (САР) – совокупность объекта управления и автоматического регулятора, взаимодействующих между собой в соответствии с алгоритмом управления. Автоматическим регулированием называют поддержание значений физических

величин на определенном уровне или изменение их по требуемому закону без непосредственного участия человека. Технические устройства, в которых процессы подлежат автоматическому регулированию, называют объектами регулирования. Физические величины, подлежащие регулированию, называют регулируемыми величинами. Внешние воздействия, вызывающие отклонение регулируемой величины от ее заданного значения, называют возмущающими воздействиями. Технические устройства, предназначенные для автоматического регулирования различных величин в объектах, называют автоматическими регуляторами. Система автоматического регулирования состоит из двух основных частей - объекта регулирования и автоматического регулятора. САР представляет собой сложные комплексы взаимодействующих технических средств, узлов и элементов, работа которых основана на различных физических принципах (электрических, механических, гидравлических и др.). Они разнообразны по конструктивному исполнению и техническим характеристикам. Однако в теории автоматического регулирования основное внимание уделяется не техническим свойствам отдельных элементов, а их функциональным преобразованиям и характеру связей между ними. Наглядное представление об этом дают функциональные схемы систем автоматического регулирования. Функциональные схемы отражают взаимодействие устройств, элементов систем автоматического регулирования в процессе их работы. Графически отдельные устройства систем автоматического регулирования изображают в виде прямоугольников, а существующие между ними связи - стрелками, соответствующими направлению прохождения сигнала. Внутреннее содержание каждого устройства не конкретизируется, а функциональное назначение шифруется буквенными символами. На объект регулирования ОР, находящийся под влиянием внешнего возмущающего воздействия F , поступает управляющее воздействие x_p , которое является выходной величиной автоматического регулятора (АР), представляющего собой совокупность элементов. В автоматический регулятор по цепи главной обратной связи (ОСГ) поступает регулируемая величина $x_{вх}$. Входная величина $x_{вх}$ с датчика Z поступает на элемент сравнения (ЭС). Сигнал ошибки, представляющий собой разность входной величины $x_{вх}$ и сигнала главной обратной связи $x_{ос}$ ($\Delta x = x_{вх} - x_{ос}$) поступает на усилитель $У$, где усиливается в K раз и воздействует на исполнительный элемент (ИЭ), выходной сигнал x_p которого является регулирующим воздействием автоматического регулятора. Элемент местной обратной связи (ОСМ) вводится в систему автоматического регулирования для улучшения ее динамических свойств.

Классификация систем. Вследствие большого разнообразия используемых в технике систем автоматического регулирования, различающихся функциональными возможностями, принципами построения и формой конструктивной реализации, невозможно дать единую классификацию систем автоматического регулирования. Рассмотрим наиболее характерные классификационные признаки. 1) Наличие в системах явно выраженной обратной связи: разомкнутые и замкнутые. Замкнутые системы содержат цепь главной обратной связи ОСГ, в разомкнутых системах она отсутствует. Системы, работающие по разомкнутому циклу, используют только в качестве составной части более сложных систем автоматического регулирования. Под главной обратной связью понимают подачу части энергии с выхода системы на ее вход. Главная обратная связь (ОСГ) служит для сравнения действительного закона изменения регулируемого параметра с требуемым. Помимо главной обратной связи в системе предусмотрена местная обратная связь, которая охватывает один или несколько элементов основной цепи. Обратную связь называют положительной, если ее выходной сигнал суммируется с основным сигналом, и отрицательной, если этот сигнал вычитается из основного сигнала. 2) Закон изменения регулируемой величины в системах автоматического регулирования: системы стабилизации, программного регулирования и следящие. Системы стабилизации предназначены для поддержания постоянного значения регулируемой величины. В этих системах задающее воздействие не изменяется во времени. Системы программного регулирования предназначены для изменения регулируемой величины по известному закону в функции времени или какой-либо другой величины. Задающее воздействие называют программой регулирования. Следящие системы предназначены для изменения регулируемой величины по заранее неизвестному закону. Задающее воздействие представляет собой случайную функцию времени. 3) Способность САР поддерживать с

определенной степенью точности значение регулируемой величины: статические и астатические. Статической системой автоматического регулирования называют такую систему, в которой принципиально невозможно поддерживать одно и то же значение регулируемого параметра при условии, что задающее воздействие системы остается неизменным. Остаточную ошибку в такой системе называют статизмом. Астатической системой автоматического регулирования называют такую систему, в которой в установившемся режиме регулируемый параметр принимает всегда одно и то же значение и не зависит от значения возмущающего воздействия на объект регулирования. В астатической системе статизм всегда равен нулю. 4) Функциональная связь между входными и выходными величинами элементов, входящих в состав системы автоматического регулирования: непрерывные и дискретные. Непрерывной системой автоматического регулирования называют систему, в которой непрерывному изменению входных величин элементов соответствует непрерывное изменение выходных величин этих элементов. Дискретной системой автоматического регулирования называют систему, в которой непрерывному изменению входной величины хотя бы одного элемента, входящего в состав системы, соответствует дискретное изменение выходной величины этого элемента. 3. При изучении динамических свойств систем целесообразно рассматривать отдельные ее элементы только с точки зрения их динамических свойств независимо от функциональных преобразований и конструктивных форм исполнения. Одинаковыми динамическими свойствами могут обладать различные элементы независимо от их физической природы. По этому признаку в цепях регулирования принято выделять отдельные элементы или группы элементов, которые называют динамическими звеньями. Динамическим звеном называют часть системы автоматического регулирования, переходный процесс которой описывается дифференциальным уравнением определенного вида. Динамическим звеном может быть элемент, совокупность элементов и вся система автоматического регулирования в целом. Графически динамическое звено изображается в виде прямоугольника, внутри которого вписывается выражение передаточной функции $W(p)$, а направление прохождения информации изображается стрелками. Входной и выходной сигналы в динамическом звене могут иметь различную физическую природу. В теории автоматического регулирования можно выделить следующие типовые динамические звенья - безынерционное (пропорциональное), аperiodическое (инерционное), дифференцирующее, интегрирующее, колебательное.

Характеристики динамических звеньев. Зависимость выходной величины звена от входной в установившемся режиме называют статической характеристикой. Установившийся режим — это такой режим, при котором входная и выходная величины остаются постоянными во времени. Статическую характеристику обычно изображают графически. Ее значения можно получать экспериментально или расчетным путем. Системы автоматического регулирования, как правило, работают в неустановившемся, переходном режиме. Такой режим работы является следствием воздействия на систему непрерывно и случайно изменяющихся внешних возмущающих факторов, приводящих к непрерывному изменению входной и выходной величины во всех ее звеньях. Поэтому одной из важных задач является изучение поведения динамических звеньев в переходных режимах. Динамической характеристикой звена называют зависимость выходной величины от входной в переходном процессе. Физическая задача определения выходной величины звена при изменяющемся входном сигнале сводится к решению дифференциального уравнения того или иного вида, описывающего протекание переходных процессов в звене.

В линейных системах автоматического регулирования протекающие процессы описываются линейными дифференциальными уравнениями, решение которых значительно упрощается с использованием методов операционного исчисления. Решение дифференциального уравнения методом операционного исчисления осуществляется в следующие три этапа; 1) переход от оригиналов к изображениям, т. е. переход от дифференциального уравнения к алгебраическому; отыскание из полученного алгебраического уравнения неизвестной функции $Y(p)$, т. е. решение алгебраического уравнения; переход от найденного изображения $Y(p)$ к оригиналу неизвестной функции.

Передаточная функция. Передаточной функцией звена называется отношение

изображения выходной величины звена к изображению входной величины при нулевых начальных условиях. Обозначим через $W(p)$ передаточную функцию, а через $X(p)$ и $Y(p)$ - соответственно изображения входной и выходной величин, тогда: $W(p) = Y(p)/X(p)$.

Переходная характеристика. Переходной характеристикой (переходным процессом) динамического звена называют зависимость выходной величины от времени при подаче на вход звена ступенчатого сигнала единичной амплитуды. Следовательно, переходная характеристика отображает реакцию звена на единичный ступенчатый сигнал. Частотные характеристики звеньев. Если на вход динамического звена поступает сигнал синусоидальной формы определенной частоты, то выходной сигнал имеет те же синусоидальную форму и частоту, но другую амплитуду и фазу. В связи с этим различают амплитудно-частотные и фазово-частотные характеристики звеньев. Амплитудно-частотная характеристика выражает отношение амплитуды колебаний на выходе звена к амплитуде колебаний на его входе в зависимости от частоты выходного сигнала (ω) $A(\omega) = A_{\text{вых}}/A_{\text{вх}} = f(\omega)$, где $A_{\text{вых}}$ - амплитуда выходного сигнала; $A_{\text{вх}}$ - амплитуда входного сигнала; ω - угловая частота.

Необходимым условием работоспособности системы автоматического регулирования является ее устойчивость. Под устойчивостью понимают свойство системы восстанавливать состояние равновесия, из которого она была выведена под влиянием возмущающих факторов, после прекращения действия этих факторов. На практике для определения устойчивости САР используют критерии устойчивости, т.е. правила, с помощью которых можно определить, устойчива система или не, не прибегая к решению дифференциальных уравнений. Алгебраический критерий (Рауса-Гурвица) позволяет судить об устойчивости замкнутой системы по коэффициентам ее характеристического уравнения, которым является знаменатель передаточной функции. Необходимые и достаточные условия устойчивости определяются различными соотношениями коэффициентов в зависимости от порядка системы. Критерий устойчивости Михайлова основан на связи характера переходного процесса системы с амплитудой и фазой вынужденных колебаний, устанавливаемых в системе при синусоидальном воздействии. Анализ устойчивости системы этим методом сводится к построению по характеристическому многочлену замкнутой системы (знаменатель передаточной функции) комплексной частотной функции, по виду которой можно судить об устойчивости. Критерий устойчивости Найквиста позволяет судить об устойчивости замкнутой системы САР по амплитудно-фазовой характеристике. Замкнутая система будет устойчива в том случае, если устойчива разомкнутая система и ее амплитудно-фазовая характеристика не охватывает точку с координатами $(-1, j0)$, называемую критической. При отсутствии местных обратных связей разомкнутая система всегда устойчива, если состоит из устойчивых звеньев. При наличии местных обратных связей система может оказаться неустойчивой в разомкнутом состоянии. Устойчивость по логарифмическим частотным характеристикам определяют с использованием критерия устойчивости Найквиста. Замкнутая система устойчива, если на частоте ω , для которой $\varphi = -\pi$, ордината ЛАЧХ разомкнутой системы отрицательна, т.е. $L(\omega) < 0$. Если разомкнутая система устойчива, а ЛАЧХ пересекает линию $-\pi$ в нескольких точках, то замкнутая система будет устойчивой, когда $L(\omega) < 0$ при $\varphi = -\pi$ для конечной правой из точек пересечения. Для определения устойчивости системы используют приближенную ЛАЧХ, представляющую собой ломаную линию, отдельные участки которой имеют определенный наклон.

Тема 1.3. Система автоматического контроля.

Для обеспечения требуемого качества деталей и изделий (точность размеров, геометрическая форма, параметр шероховатости поверхности и т. д.) применяют комплексный контроль, включающий в себя контроль: готовых изделий, заготовок, вспомогательных средств производства (режущего инструмента, измерительных средств и т. д.), основных средств производства (технологического оборудования, систем и средств управления и т. д.). Система автоматического контроля (САК) предназначена для автоматического контроля различных физических величин (параметров), сведения о которых необходимы при управлении объектом. Всякая система состоит из элементов, узлов и устройств, определенной функции; следовательно, систему автоматического контроля можно представить схематически () Датчик (Д) измеряет значение контролируемого параметра

объекта (О) и преобразует его в сигнал, удобный для усиления или передачи. Наибольшее применение находят датчики, преобразующие неэлектрическую величину в электрическую. Усилитель (У) - устройство, усиливающее слабый сигнал, поступающий от датчика, так, что он становится достаточным для воздействия на исполнительный элемент. Исполнительный элемент (ИЭ) - устройство, посредством которого выполняются заключительные операции. Элементы передачи и связи - устройства, обеспечивающие передачу сигналов от датчика до исполнительного элемента. В состав систем автоматизации производственных процессов входят дополнительные элементы, не участвующие в преобразовании информации, а обеспечивающие данное преобразование. К ним относятся источники энергии, стабилизаторы, переключатели и др. В зависимости от вида исполнительного элемента автоматический контроль разделяют на четыре основные группы: - автоматическая сигнализация характерных или предельных значений параметров; сигнализирующее устройств (СУ) - это лампочки, звонок, сирена; - автоматическое указание значений контролируемых параметров; указывающий прибор (ПУ) может быть стрелочным, цифровым; - автоматическая регистрация значений контролируемого параметра; регистрирующее устройство (РУ) - это самописец; - автоматическая сортировка различных изделий в зависимости от заданных значений контролируемых параметров (ПС – прибор сортирующий). Система автоматического контроля не вмешивается в ход протекания технологического процесса. 2. В зависимости от вида, стоимости и требований, предъявляемых к точности изготовления деталей, контроль может быть полным, когда проверяются все изделия, и выборочным, когда проверяется часть деталей. По принципу действия различают: - системы пассивного контроля, представляющие собой системы автоматического контроля (САК), задача которых получить необходимые сведения об управляемом объекте или параметрах технологического процесса (система не изменяет параметров технологического процесса во время обработки, т.е. ведет себя пассивно); - системы активного контроля, которые представляют собой системы автоматического регулирования (САР), задача их не только измерять необходимые величины, но и поддерживать их заданное значение во время технологического процесса. В настоящее время системы активного контроля организуют в большинстве случаев по принципу адаптивного управления, т. е. управление технологическим процессом ведут совместно с ЧПУ и САК, задача которой на основании сведений, полученных от автоматических устройств, менять программу управления, тем самым восстанавливая отклонившиеся величины. По назначению различают следующие системы автоматического контроля: технологических параметров в процессе обработки; параметров готовых изделий (контроль качества продукции); состояния оборудования и систем управления; состояния инструмента, оснастки и т. д.; программного и информационного обеспечения (сбор сведений, обработка сведений, систематизация и т. д.).

Системы автоматического пассивного контроля различаются: - аппаратными средствами и способами организации контроля; разновидностями и способами контактирования с измеряемыми величинами (прямое контактирование, косвенное, контактирование в рабочей позиции, в измеряемой позиции и т. д.); - видами датчиков, применяемых для измерения величин (индуктивные, пневматические, фотоэлектрические, тензометрические, оптоэлектронные); - способами организации измерительной системы и средствами обработки полученной информации (измерение, дискретное, измерение методом сравнения с заданным значением, измерение с преобразованием аналогового сигнала в числовой код и т. д.); - видами индикаторов и средствами отображения информации измерений (стрелочные индикаторы, цифровые, символьные, сегментные отображения информации на ЭЛТ и т. д.); - способами хранения и регистрации данных (регистрация на бумажных лентах в виде диаграмм, графиков, регистрация посредством печатающих устройств, регистрация с записью в ЗУ). Системы пассивного автоматического контроля могут иметь также различные способы организации контроля: непосредственно во время технологического процесса (постоянный или поэтапный) и полученных результатов. Система включает в себя: дифференциальный индуктивный размерный датчик; электронный блок (ЭБ), имеющий электронный усилитель и преобразователь; указывающий прибор, выполненный в виде электронного цифрового индикатора (ЭЦИ) и исполнительного реле. Датчик имеет два Ш-образных сердечника, закрепленных с помощью плоских пружин на корпусе датчика. На

сердечниках расположены две обмотки (W1W3), которые совместно с полуобмотками трансформатора (W2W4,) представляют собой уравновешенный измерительный мост, в диагонали которого подключено питающее напряжение от сети переменного тока (Un). Измерительный шток датчика подвешен посредством плоских пружин к корпусу. На штоке закреплен якорь сердечника. Вращением микрометрического винта сердечники перемещаются относительно якоря. Если размеры детали до обработки превышают пределы измерения датчика, то ограничительная гайка, установленная на штоке, с помощью угольника отодвигает сердечник от микрометрического винта (зона отсутствия измерений). Принцип действия САК состоит в следующем. При контактировании измерительного штока с измеряемой поверхностью якорь сердечника отклоняется от среднего положения, что вызывает дисбаланс моста (сигнал рассогласования) вследствие неравенства зазоров между якорем и сердечником. Напряжение рассогласования моста, усиленное и преобразованное в электронном блоке в цифровой код, индицируется на ЭЦИ в виде значения отклонения размера. При балансе моста электронный блок формирует сигнал на прекращение обработки с помощью исполнительного реле. В массовых видах производства применяются для контроля изделий или деталей применяют всевозможные пассивные средства контроля, работающие как автоматические сортировщики. Они не только измеряют размер или его отклонения, но и по результатам измерений дают оценку: годная деталь с допустимыми отклонениями; негодная с отклонениями, которые можно исправить; бракованная. Такие автоматические сортировщики, кроме измерительной системы, имеют исполнительные механизмы подачи детали на измеряемую позицию, ее фиксацию и механизмы, распределяющие детали по накопителям упомянутых позиций. Большинство автоматических сортировщиков имеют следующую функциональную структуру: бункер-накопитель (БН1) или магазин-накопитель для хранения контролируемых деталей; механизм подачи, базирования деталей на измеряемой позиции (МПД) систему автоматического контроля (САК) с индикацией и сигнализацией о браке и недопустимых отклонениях (СИУ), распределительное устройство (РУ), которое распределяет детали (Д) по бункерам-накопителям (А - бункер годных деталей, Б бункер для деталей «исправимый брак» В - бункер деталей «брак»).

С развитием микропроцессорной и микроэлектронной измерительной техники многие задачи автоматизации контроля в машиностроении решаются на новом техническом уровне с учетом новых достижений в технике. САК параметров технологического процесса или автоматического контроля качества готовых изделий на базе развития микроэлектронной техники и средств вычислительной техники стали составной частью САУ и встраиваются непосредственно в технологические объекты или технологические комплексы. Измерительные машины изготавливают в виде промышленных роботов автоматического контроля, которые оснащены измерительными средствами, управляющими программами. САК СЧПУ выполняют как координатно-измерительные машины (КИМ), которые могут быть автономными или могут встраиваться в технологический комплекс.

Раздел 2. Системы управления технологическим оборудованием.

Тема 2.1. Классификация систем управления оборудованием.

Управление - это целенаправленное воздействие на какой-либо объект или протекающий процесс с целью качественного или количественного изменения параметров и достижения определенных целей. Всякое управление технологическим объектом включает в себя следующие компоненты: - сбор первичных сведений об управляемом объекте (сведения об изделии, оборудовании и приемах обработки, записанные в УП), вторичных сведений (сведения, полученные во время управления) - обработку полученных сведений (выполнение необходимых расчетов, анализ данных, проверка условий и т.д.); - выводы и принятие необходимых решений; - обеспечение управляющих воздействий. УЧПУ наиболее полно и эффективно реализует все компоненты автоматического управления. ЧПУ придает технологическому оборудованию гибкость, так как перестройка его на новый вид технологического процесса, изделий сводится к переналадке оборудования и загрузке УЧПУ новыми управляющими программами с перезаписью новых параметров в массивы данных.

Классификация СУТО:

- По структуре: одноступенчатая и двухступенчатая. Одноступенчатая - центральный диспетчерский пункт (ЦДП) имеет непосредственные линии связи и каналы телемеханики со всеми объектами и комплексами производства. Двухступенчатая - связь осуществляется через промежуточные пункты (операторские или диспетчерские).

- По характеру использования: для оперативного вмешательства в ход процесса; для совершенствования организации управления; для создания новых схем и конструкций, совершенствования машин и комплексов.

- По степени централизации: 1. централизованные (характеризуются наличием в системе единого командоаппарата, с помощью которого осуществляется управляющее воздействие на рабочие органы станка, определяющие требуемую последовательность, скорость, подачу, величину перемещений.) Преимущества - компактность, малопротяженность линий связи. Недостатки - значительные затраты на переоборудование из-за изменения конструкции командоаппарата. Пример: коленвал токарно-револьверного станка; 2. децентрализованные (характеризуются отсутствием командоаппарата, управляющее воздействие формируется каждым отдельным рабочим органом, с помощью упоров и путевых выключателей). Все операции в таких системах выполняются последовательно. Преимущества - возможность организации управления значительным количеством объектов; исключение последующих сигналов при невыполнении предыдущих, быстрое перерегулирование. Недостатки - большая протяженность линий связи (увеличение погрешности), из-за регулировки и переустановки упоров значительные затраты времени. Пример: робототехнический комплекс (РТК) следящего привода.

- По управлению движением: 1. путевые (управление по положению с помощью путевых выключателей, упоров, кулачков); 2. командные (управление по времени с помощью командоаппаратов и ПМК);

- По типу программносителя: магнитные ленты и диски; перфокарты и перфоленты; ЛВС - локально-вычислительные сети; копиры и шаблоны; кулачки и маховые механизмы.

- По элементной базе: электрические; механические; гидравлические и пневматические.

Задачи СУТО: 1) Обеспечение требуемых действий исполнительных механизмов. 2) Обеспечение заданных режимов. 3) Обеспечение требуемых параметров объекта производства. 4) Выполнение вспомогательных параметров. Требования. 1) Обеспечение высокой мобильности. 2) Обеспечение выполнения сложных задач функционирования. 3) Простота конструкции и низкая себестоимость. 4) Возможность дистанционного управления. 5) Возможность саморегулирования.

Команды СУТО - Технологические - предусмотренные техпроцессом. - Цикловые - изменение параметров, инструмента, СОЖ, реверс. - Служебные - выполняемые с помощью логических операций. Классификация систем, по характеру информации записанной на программноносителе; системы непрерывные, дискретные и дискретно-непрерывные. В непрерывных системах программа записывается непрерывно. Если применяется система с фазовой модуляцией, то программа представляется синусоидальным напряжением, фаза которого пропорциональна программируемым перемещениям; в системах с амплитудной модуляцией перемещениям пропорциональна амплитуда этого напряжения.

По изменению режимов обработки системы ЧПУ подразделяются на цикловые, программные и адаптивные. Цикловые системы осуществляют движения с повторяющимися циклами. В них применяется кулачковое, аппаратное, микропрограммное и программируемое управления. При кулачковом управлении используют для задания режимов штекерные панели, аппаратное управление осуществляют при помощи релейно-контактной или бесконтактной аппаратуры. Для микропрограммного управления применяют запоминающие устройства микрокоманд, а программируемое управление режимами обработки основано на использовании средств программируемой логики. В программных системах ЧПУ изменение режимов обработки осуществляется программными средствами с использованием программносителя или памяти ЭВМ. Применение адаптивного управления позволяет производить автоматическое изменение режима обработки независимо от программы. Числовое программное управление обеспечивает управление по нескольким координатам,

поэтому его широко применяют на многооперационных станках (обрабатывающих центрах) с автоматической сменой инструмента и обрабатываемых деталей.

Тема 2.2. Системы числового программного управления промышленным оборудованием.

Система числового программного управления – комплекс устройств и оборудования, включающий в себя: УЧПУ; объект управления; электроавтоматические устройства, осуществляющие непосредственное управление узлами объекта; оснастку и инструмент; программное и математическое обеспечение; средства контроля. УЧПУ можно классифицировать по различным признакам. Классификация систем по особенностям структуры системы ЧПУ: контурные и комбинированные системы ЧПУ. Контурные системы ЧПУ позволяют производить обработку криволинейных поверхностей при фрезеровании, точении, шлифовании и других видах металлообработки. В этих системах программируется траектория перемещения режущего инструмента, поэтому их часто называют системами управления движением. Комбинированные системы ЧПУ представляют собой сочетание позиционных и контурных и называются также универсальными. Они находят применение в многооперационных станках, где требуется позиционно-контурное управление. При обозначении модели станка с ЧПУ, оснащенного позиционной системой, к ней добавляют индекс «Ф2», оснащенного контурной системой — индекс «Ф3» и комбинированной - индекс «Ф4». Индекс «Ф1» в обозначении модели станка свидетельствует об оснащении станка цифровой индикацией и ручным управлением. Позиционные системы ЧПУ. Системы ЧПУ металлорежущими станками классифицируются по различным признакам. По виду рабочих движений станка системы ЧПУ могут быть разделены на позиционные, контурные и комбинированные. Позиционные системы ЧПУ позволяют производить относительное перемещение инструмента и заготовки от одной точки (позиции) к другой. Такое управление используется в сверлильных, расточных и других станках, на которых обработка выполняется после установки инструмента в заданной позиции. Поскольку основной задачей для таких систем является перемещение инструмента (детали) в заданные координаты, их называют также системами координатного управления и управления положением. 2. При разработке современных универсальных УЧПУ стремятся придать этим устройствам свойства унификации, т. е. создают их на базе унифицированных узлов, которые обладают большой функциональной гибкостью. При разработке УЧПУ предусматривают более полную автоматизацию программирования, возможность встраивания УЧПУ в объект управления, который в свою очередь может встраиваться в технологический модуль или более крупный технологический комплекс, а также стыковку УЧПУ с другими УЧПУ, СЧПУ и ЭВМ более высокого ранга. Применяемые микроЭВМ своей функциональной структурой и математическим обеспечением проблемно сориентированы на управление всевозможными технологическими объектами. В микроЭВМ организация вычислительного процесса и операции логики предусматривает осуществление обработки информации управления, передачи данных и принятия информации с объекта управления в реальном масштабе времени. Для упрощения проблемной ориентации микроЭВМ и другие устройства архитектурно, функционально и конструктивно оформляют в виде отдельных модулей. Универсальные УЧПУ, созданные на базе микро-ЭВМ, могут включать в себя различные функциональные модули. Микропроцессорный модуль (МП) может включать в себя основной и вспомогательный микропроцессоры, причем основной обрабатывает информацию управления и планирования, а вспомогательный работает над подготовкой информации.

Например, вспомогательный микропроцессор работает в системе автоматического программирования, рассчитывает траекторию движения методом линейно-круговой интерполяции, а основной обрабатывает информацию управления всеми устройствами. В МП метод обмена информацией магистральный, а управление имеет микропрограммную организацию, поэтому МП включает в себя, как правило, самостоятельный модуль микропрограммного управления. В МП могут входить буферные регистры для удобства оперирования форматами данных. Кроме того, МП могут быть многосекционными, что дает возможность наращивать секции и оперировать любыми необходимыми форматами. Модуль устройства управления (УУ) обеспечивает организацию управления устройствами СЧПУ.

Модуль оперативной памяти (ОП) предназначен для хранения оперативной информации. В него может входить модуль стековой памяти для организации всевозможных прерываний УП («стек» от англ. слова штабель, кipa). Этот модуль предназначен для запоминания данных перед прерыванием УП. Стековые регистры запоминают содержимое счетчиков, адреса данных перед прерыванием для восстановления их в основной программе после возвращения из прерывания (данные регистры обмениваются информацией в следующем порядке: первый адрес записывается, последний считывается). Модули постоянной памяти неперепрограммируемые в виде постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) и перепрограммируемые в виде перепрограммируемого запоминающего устройства (ППЗУ) предназначены для хранения постоянной информации. В модулях буферной памяти хранится промежуточная информация, что дает возможность обмениваться пакетированными данными, а также обмениваться информацией с устройствами, работающими с разными скоростями. Интерфейсные модули типа адаптера служат для связи с различными терминалами (пульт индикации, печатающее устройство, дисплей и т. д.). Модули микроконтроллеров (МК) управляют всевозможными внешними устройствами при общем управлении центральным процессором. Модули интервального таймера предназначены для задания временных интервалов, необходимых для согласования работающих устройств. Модули связи с объектом управления включают в себя устройства ЦАП и АЦП и микроконтроллеры, управляющие ими, которые служат для преобразования сигналов УЧПУ и электроавтоматических устройств станка в необходимый вид; логические микроконтроллеры, которые обрабатывают команды, подаваемые на ОУ в микроконтроллере заданные логические уравнения управления рабочими органами преобразуются в сигналы, формирующие логико-временные циклы управления электроавтоматическими устройствами. Модули операционных устройств (программные адаптеры) преобразуют информацию одного вида в информацию другого вида. Модули адаптивного управления предназначены для сбора, обработки технологической информации и организации корректирующей УП. Структурная схема типового универсального УЧПУ показана на рисунке 38. Устройство состоит из нескольких типовых модулей. Рисунок Структурная схема типового универсального УЧПУ Процессор (Пр) является программным преобразователем информации и включает в себя: арифметико-логическое устройство (АЛУ), служащее для математической обработки информации и выполнения операций анализа; устройство управления (УУ) обеспечивает управление работой процессора по микропрограммному алгоритму (одноуровневая или многоуровневая организация управления). Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) предназначено для хранения управляющих и организующих программ, управляющих программ для управления электроавтоматическими устройствами станка с помощью программируемого командоконтроллера, для хранения параметров технологического объекта и УЧПУ, массивов, обслуживающих и корректирующих программ, стандартных подпрограмм и других массивов данных. ПЗУ хранит программы стандартных циклов (процедур), УП обработки информации, стандартные микропрограммы управления различными устройствами с помощью адаптеров (адаптеры управления приводами, пультом индикации и т. д.), стандартные программы управления другими аппаратными средствами. ППЗУ служит для записи программы логических микроконтроллеров, управляющих электроавтоматическими устройствами технологического объекта, записи УП контроллеров обращения к внешним устройствам, записи тестовых программ и т. д. Пульт оператора (ПО) предназначен для оперативного вмешательства в работу СЧПУ, т. е. подачи команд ручного управления, назначения режимов работы, для просмотра УП, ее редактирования, контроля работы системы, диалога с УЧПУ и т. д.

К внешним устройствам (ВУ) могут относиться: системы тестового контроля, видеомониторы (устройства, включающие в себя дисплей и клавиатуру для загрузки УЧПУ командами или управляющими программами, для вызова и просмотра их), видеотерминалы, всевозможные печатающие устройства (принтеры), пульта программирования в коде ISO или в машинно-ориентированном языке, пульта программирования УП электроавтоматическими устройствами технологического оборудования, вычислительные системы автоматического программирования и ЭВМ более высокого ранга. Таймер (Т) организует метки реального масштаба времени, необходимые для управления всеми устройствами, в том числе и объектом

управления. Интерфейс типа контроллера обмена (КО1) служит для обеспечения связи УЧПУ с внешними устройствами управления, управления обменом информацией со всеми внешними устройствами. Связь с объектом управления и основными устройствами объекта осуществляется через стандартный интерфейс типа $Q = \text{bus}$, представляющий собой контроллер управления обменом информации, и магистраль обмена на 16 разрядов. Контроллер обмена с объектом управления (КО2) обеспечивает управление обменом информацией между технологическим объектом и УЧПУ с помощью шин местного интерфейса (ШИ). Многоканальные аналого-цифровые преобразователи (АЦП) служат для преобразования аналоговых сигналов, полученных от датчиков обратной связи (ЦОС), расположенных в технологическом объекте, в цифровой код УЧПУ (число каналов обусловлено числом управляемых координат). Цифроаналоговые преобразователи (ЦАП) преобразуют цифровые коды в аналоговые сигналы и выдают их на исполнительные устройства (на электроавтоматические устройства и приводы). Узлы приема (ПК) и вывода (ВК) кодов являются как бы буферными портовыми устройствами для временного хранения информации обмена, расшифровки адресов команд и т. д. Технологический объект (ТО) с исполнительными механизмами, электроавтоматическими устройствами (ЭУ) и измерительной системой реализует команды управления и контроль исполнения с помощью ДОС.

Тема 2.3. Системы адаптивного программного управления.

Принцип построения СЧПУ основан на том, что управление действует согласно заданному алгоритму, определенному управляющей программой в соответствии с первичными сведениями об управляемом объекте, технологическом процессе и его параметрах, а также коррекции и перестройке алгоритма управления на основании полученных вторичных сведений об управляемом объекте (сведения об изменении исходных данных, отклонение фактических параметров от тех значений, которые предусматривались в УП, и т. д.). СЧПУ с такой организацией управления получила название адаптивной СЧПУ. Для подобной системы УП формирует цель управления (алгоритмы управления, определяющие траекторию движения рабочих органов, их скорости, а также другие технологические параметры и команды на основании известных сведений об объекте управления, заготовке, приемах обработки, инструменте и т. д.), к которой должна стремиться система управления. Таким образом, для адаптивных СЧПУ записанная УП, определяющая заданный алгоритм управления объектом и заданные параметры, является информацией о целях управления, и при изменении обстановки в управляемом объекте такая система будет адаптироваться, менять дисциплину управления с учетом изменившихся конкретных условий, т. е. устройство управления будет вырабатывать дополнительные инструкции управления к существующей УП. В универсальных УЧПУ, создаваемых на базе микроЭВМ для обеспечения адаптивного управления, создаются специальные интерфейсные модули для связи объекта управления с УЧПУ по адаптивному управлению. Причем создаются также дополнительные модули в виде программируемых микроконтроллеров для реализации адаптивного управления в объекте. Интерфейсный модуль включает в себя дополнительные аналого-цифровые преобразователи для преобразования сигналов датчиков, измеряющих всевозможные технологические параметры во время управления, которые преобразуются в цифровой код. Кроме того, применяются программируемые микроконтроллеры для обработки вторичной информации и введения ее в основную УП. Все перечисленные выше модули, как правило, управляются от центрального процессора микроЭВМ. В УЧПУ, построенных на базе микроЭВМ, в ЗУ хранится специально разработанное математическое и программное обеспечение для организации адаптивного управления совместно с ЧПУ.

Все адаптивные СЧПУ следует применять там, где они дают экономический эффект и оправдывают начальные затраты за счет малой избыточности аппаратных средств и стандартных модулей. Адаптивные СЧПУ, применяемые в промышленных роботах, оснащают специальным математическим и программным обеспечением, которое записывается в ОЗУ и ПЗУ УЧПУ через специальный унифицированный интерфейс может оснащаться средствами технического зрения при адаптации на обстановку, геометрическую форму, измерение силы захвата для фиксации в момент захвата, маркировку заготовок, взаимное расположение,

измерение осевой деформации при сборке и т. д. В качестве рецепторов технического зрения могут применяться электронно-лучевые трубки, интегральные фотоприемные устройства матричного типа (ИФУ), матричные приборы с зарядовой связью, диссекторы (диссекторы являются телевизионной трубкой с произвольной разверткой луча), матричные тензометрические датчики и т. д. Широкое применение адаптивные СЧПУ находят также в тех технологических объектах, где предъявляются высокие требования к параметрам технологических процессов или параметрам получаемых изделий. Кроме того, они применяются в тех случаях, когда возмущающие воздействия в технологическом процессе значительны и носят случайный характер, что дает возможность учесть данные отклонения в УП или скорректировать с пульта в процессе управления. Адаптивные СЧПУ различаются способами адаптации, видами организации измерительных систем, способами организации адаптивного управления и разновидностью аппаратных средств, с помощью которых организуется адаптивное управление. По принципу адаптации различают адаптивные СЧПУ: с функциональным регулированием, в которых процесс адаптации осуществляется регулированием параметров, функционально зависящих от отклонившихся величин; с экстремальным регулированием, целью адаптации которых является получение максимального или минимального результата; с оптимальным регулированием, где ведется регулирование многих параметров на оптимальный результат по комплексному критерию оптимальности. Адаптивные СЧПУ могут различаться способами контроля параметров, вызывающих возмущающее воздействие, и способами воздействия на параметры регулирования, посредством которых, как правило, ведется адаптация с учетом новых условий управления. Чаще всего параметрами, которые являются возмущающими или регулирующими, бывают мощность и сила резания, диаметр обработки, припуск на обработку, температура в зоне резания, деформация в системе станок — приспособление — инструмент — заготовка, износ режущего инструмента и т. д. Адаптивные СЧПУ могут различаться числом каналов регулирования, видом и законом регулирующих воздействий.

Тема 2.4. Гибкие производственные системы и гибкие производственные модули.

Гибкая производственная система (ГПС) представляет собой совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, отдельных единиц технологического оборудования и систем обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени. Любая ГПС обладает свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик. Роботизированный технологический комплекс (РТК) состоит из единицы технологического оборудования, промышленного робота и средств оснащения (устройств накопления, ориентации и поштучной выдачи изделий). РТК может функционировать автономно, осуществляя многократно циклы обработки. Если РТК предназначены для работы в составе ГПС, то они должны иметь автоматизированную переналадку и возможность встраивания в систему. Гибкий производственный модуль (ГПМ) — это единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая функции, связанные с производством изделий, и имеющая возможность встраивания в ГПС. По организационным признакам можно выделить 3 разновидности ГПС: ТАЛ, ГАУ и ГАЦ. 1) В гибкой автоматизированной линии (ГАЛ) технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций. 2) Гибкий автоматизированный участок (ГАУ) функционирует по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования. 3) В состав гибкого автоматизированного цеха (ГАЦ) входят в различных сочетаниях гибкие автоматизированные линии, роботизированные технологические линии, гибкие автоматизированные участки и роботизированные технологические линии и участки для производства изделий заданной номенклатуры. Таким образом, ГПС — это организационно-техническая производственная система, позволяющая в условиях мелкосерийного, серийного и в отдельных случаях крупносерийного многономенклатурного производства заменить с минимальными затратами и в короткий срок

выпускаемую продукцию на новую. В структуре типовой ГПС необходимы три группы компонентов: технологическая, управления и подготовки производства. Каждая из указанных групп компонентов, образующих соответствующую систему (или подсистему), является человеко-машинной, в которой наиболее трудоемкие функции выполняются входящими в систему средствами вычислительной техники, а творческие функции — конструкторами, технологами и организаторами производства, работающими на АРМ. Технологическая система представляет собой совокупность основного и вспомогательного технологического оборудования и реализованного на нем технологического производственного процесса, который может быть механообрабатывающим, сборочным, литейным, кузнечнопрессовым, сварочным, гальваническим и т. д. Производственные функции выполняются с помощью специфических для каждого вида производства технических средств, построенных на модульной основе. При этом решаются следующие задачи: комплектация, складирование, транспортирование и промежуточное накопление исходного материала, заготовок, полуфабрикатов и технологической оснастки; обработка и сборка объектов производства; контроль заготовок, полуфабрикатов и готовой продукции; контроль параметров технологического процесса и состояния инструмента, уборка отходов производства (стружки, облоя, литников); подача вспомогательных материалов (смазочного материала, охлаждающей жидкости, формовочных материалов). Производственная гибкость ГПС определяется технологической, структурно-организационной и параметрической гибкостью. При этом под гибкостью понимают приспособляемость ГПС к изменениям, связанным с выполнением производственной программы. Производственная система считается гибкой и быстропереналаживаемой без существенных затрат, если при изменении объектов производства не меняется состав компонентов системы и состав информационных связей. Обычно станочные автоматические линии, созданные для обработки одной конкретной детали, очень сложно использовать для обработки новой детали, даже аналогичной по конструкции. Принципиально новые средства автоматизации, появившиеся в виде ГПС, позволили создать для таких производств гибкие автоматизированные линии (ГАЛ). ГАЛ предназначены для групповой обработки нескольких заранее известных аналогичных по конструкции и технологии изготовления деталей. Они состоят из переналаживаемых агрегатных станков и станков с ЧПУ, объединенных единой автоматической транспортной системой. Станки с ЧПУ используют в таких линиях при сложных циклах обработки и при необходимости реализовать контурное управление. Технологическое оборудование ГАЛ расположено в принятой последовательности технологических операций. Широкое распространение получили ГАЛ, создаваемые на базе агрегатных станков со сменными шпиндельными коробками для обработки корпусных деталей. Пример такой линии, в состав которой входят: два комплекта унифицированных узлов 1 и 6 для механообработки, две автоматически действующие секции конвейеров шпиндельных коробок 2 и 4, стеллаж 3 для складирования не используемых в заданном цикле работы шпиндельных коробок, три позиции 10 установки заготовок на зажимные приспособления-спутники, транспортная система автоматической подачи деталей со спутниками на рабочие позиции 11 и 8 (позиция 9 для промежуточного контроля деталей). Комплекты унифицированных узлов имеют силовой стол с редуктором 7 для крепления сменных шпиндельных коробок 5, устройство подачи к силовому столу шпиндельных коробок 12, набор секций конвейеров и поворотных столов. На линии используется до 28 многошпиндельных коробок, которые на спутниках транспортируются в нужный период цикла обработки к силовому узлу, где поочередно автоматически закрепляются. При переналадке новый комплект коробок загружается на конвейер со склада. Также большее применение находят в ГАЛ для обработки деталей типа тел вращения и корпусных деталей агрегатные станки с ЧПУ, создаваемые из комплектов унифицированных узлов (столов различных типов, механизмов автоматической смены инструмента).

3. Управление ГПС реализует комплексные многофункциональные иерархически построенные автоматизированные системы управления (АСУ), в которых можно выделить две функциональные составные части: - управления технологическими процессами (АСУТП) - организационно-технологического управления (АСУОТ). Первая решает задачи группового управления технологическим и транспортным оборудованием, а вторая – задачи планирования, диспетчеризации и учета хода производства. Обе составные

части АСУ ГПС тесно взаимосвязаны между собой как аппаратными, так и программными средствами. АСУ ТП предназначена для выработки управляющих воздействий на комплексы (группы) основного и вспомогательного оборудования ГПС, передачи управляющих программ и другой требуемой информации в устройства локального управления (системы ЧПУ оборудованием, устройства электроавтоматики), приема информации от устройств локального управления, а также для организации хранения в памяти ЭВМ библиотеки управляющих программ и всей необходимой технологической документации. В состав АСУ ТП входят модули локального управления, средства информационно-измерительной и вычислительной техники. В ГПС программное управление обеспечивает функционирование оборудования в автоматическом режиме в соответствии с заданной программой и возможность изменения процессов функционирования при смене программы. Главная проблема, возникающая при разработке системы группового управления оборудованием ГПС – обеспечение взаимодействия устройства локального управления с ЭВМ. Решение этой проблемы связано с унификацией и стандартизацией программно-аппаратных интерфейсов (физического, логического и информационного). Физический интерфейс определяет способ электрического и механического сопряжения ЭВМ и локальных устройств управления. Логический интерфейс определяет способ передачи информации (протокол обмена информацией) по каналу связи: способ установления и прекращения сеансов связи, размер передаваемых сообщений. Информационный интерфейс определяет состав и формат передаваемых по каналу связи сообщений, т.е. язык информационного обмена между ЭВМ и локальными устройствами управления. ГПС находят применение в основном в станкостроении, машиностроении. Анализ ГПС позволяет сделать некоторые выводы: управление транспортными системами и работой станков осуществляется одной или несколькими отдельными ЭВМ; число станков в ГПС колеблется от 2 до 50. Однако 80% ГПС составлено из 4-5 станков и 15% из 8 – 10; реже встречаются системы из 30-50 станков (2-3%); наибольший экономический эффект от использования ГПС достигается при обработке корпусных деталей, нежели от их использования при обработке других деталей, например деталей типа тел вращения.

Техническая диагностика - отрасль знаний, исследующая технические состояния объектов диагностирования и проявления технических состояний, разрабатывающая методы их определения, а также принципы построения и организацию исследования систем диагностирования. Диагностика оборудования, автоматический контроль точности обработки, стабильности протекания технологического процесса являются основными показателями установок с числовым программным управлением. Диагностика использует информацию управляющей программы, сигналы измерительных приборов, ряда вспомогательных датчиков. Диагностика установок с числовым программным управлением выполняется на основе специальных тестов. В качестве объекта диагностирования могут использоваться как средства труда (инструмент, приспособление и т.д.), продукты труда (изделие), так и технологический процесс. В любой САУ необходимы функции контроля, однако, если автоматизация производства частичная или комплексная, то достаточно простой схемы осуществления контроля и выдачи полученной информации в звуковом, световом или графическом виде. Технический контроль - это проверка соответствия объекта управления техническим требованиям. В ГПС технический контроль охватывает и средства производства, и орудия труда, и техпроцесс. Контроль производится либо с помощью системы САК, либо - системы телемеханики (ТК). Техническое диагностирование - это не только проверка соответствия объекта техническим требованиям, но и выявление причины и вида дефекта. Совокупность проверок, последовательность их реализации и правила обработки результатов для определения технического состояния объекта управления задаются алгоритмом управления. Если этот алгоритм задает только одну фиксированную последовательность проверок, то он называется безусловным, а если в зависимости от предыдущего такта работы, то условным. Если он обеспечивает определение оптимальных значений заданной целевой функции диагностики, то оптимальным. Процесс диагностирования скрытых объектов включает в себя измерительные элементы, контрольные элементы и логические элементы, а явные объекты диагностируются визуально. Диагностирование станка производится в два этапа: 1) Сборка и наладка, т.е. проверка соответствия деталей и узлов; 2) Эксплуатация, ремонт, т.е. применение силовых и точностных методов. В соответствии с этапами производства диагностики

различают активный и пассивный контроль. Активный контроль - тот, при котором действительный параметр изделия сравнивается с заданным размером. Пассивный контроль - тот, при котором действительный параметр изделия сравнивается с заданным размером.

4.3. Лабораторные работы.

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем лабораторных работ</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации	0,5	-
2		Идентификация объекта регулирования	1	Решение практических задач с использованием ИКТ (1 час.)
3		Синтез автоматической системы регулирования	1	Решение практических задач с использованием ИКТ (1 час.)
4	2.	Проектирование электрических и электромеханических устройств	0,5	Решение практических задач с использованием ИКТ (1 час.)
5		Проектирование электромагнитов	1	Решение практических задач с использованием ИКТ (1 час.)
ИТОГО			4	4

4.4. Практические занятия.

Учебным планом не предусмотрено.

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.

Учебным планом не предусмотрено.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ПК</i>	<i>ПСК</i>				
		<i>11</i>	<i>2.8</i>				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Автоматизированные системы управления.	64	+	+	2	32	Лк, ЛР, СР	экзамен
2. Системы управления технологическим оборудованием.	71	+	+	2	30,5	Лк, ЛР, СР	экзамен
<i>всего часов</i>	135	67,5	67,5	2	67,5		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55 с.

2) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонова. - М.: Форум, 2010. - 384с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142303	Лк ЛР СР	ЭР	1
2.	Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Гамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 156 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277585	Лк ЛР	ЭР	1
Дополнительная литература				
3.	Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонова. - М.: Форум, 2010. - 384с.	СР ЛР	5	0,5
4.	Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208 с. [Электронный ресурс]. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141980	Лк ЛР	ЭР	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21

DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.

2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Работа на лекциях: ведение конспекта лекционного материала для успешного использования его при подготовке к экзамену, закрепления и расширения теоретических знаний. После проработки лекционного материала обучающийся должен четко владеть следующими аспектами по каждой лекции:

- знать тему;
- четко представлять план лекции;
- уметь выделять основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций.

Работа на лабораторных работах заключается в выработке практических умений и приобретения навыков в решении задач, закреплении отдельных аспектов проблемы в дополнение к лекционному материалу.

Цели лабораторных работ:

- расширение и углубление знаний по важнейшим проблемам дисциплины;
- закрепление знаний и умения излагать сущность анализируемых явлений и процессов;
- формирование навыков аналитической работы обучающихся.

Самостоятельная работа по управлению техническими системами выполняет функцию закрепления, повторения изученного материала. Выполнение самостоятельной работы способствует углублению знаний и более успешному формированию умений и навыков, связанных с изучением конкретных тем.

Характер самостоятельной работы: подготовка устных сообщений по темам в рамках лекционного материала; решение задач, которые выполняются по заданию и при методическом руководстве преподавателя, а также без его непосредственного участия. Правильное выполнение заданий по самостоятельной работе развивает способности самостоятельно работать с информацией, используя учебную и научную литературу. Самостоятельная работа дисциплинирует обучающихся, развивает произвольное внимание и совершенствует навыки целесообразного восприятия.

Всё это позволят обучающимся приобрести навыки профессионального мастерства, самостоятельно подбирать информационные источники, формулировать основные маркетинговые стратегии, управлять новой информацией и знаниями, эффективно и толерантно взаимодействовать со специалистами из других областей, находить оптимальное маркетинговое решение в рыночной среде.

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ.

Лабораторная работа № 1 (в объеме 6 часов).

Тема: Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации.

Цель: изучить государственную систему промышленных приборов и средств автоматизации.

Ход работы:

ГСП представляет собой сложную развивающуюся систему, состоящую из ряда подсистем, которые можно рассматривать и классифицировать с разных позиций. Рассмотрим функционально-иерархическую и конструктивно-технологическую структуры технических средств ГСП.

Функционально-иерархическая структура ГСП

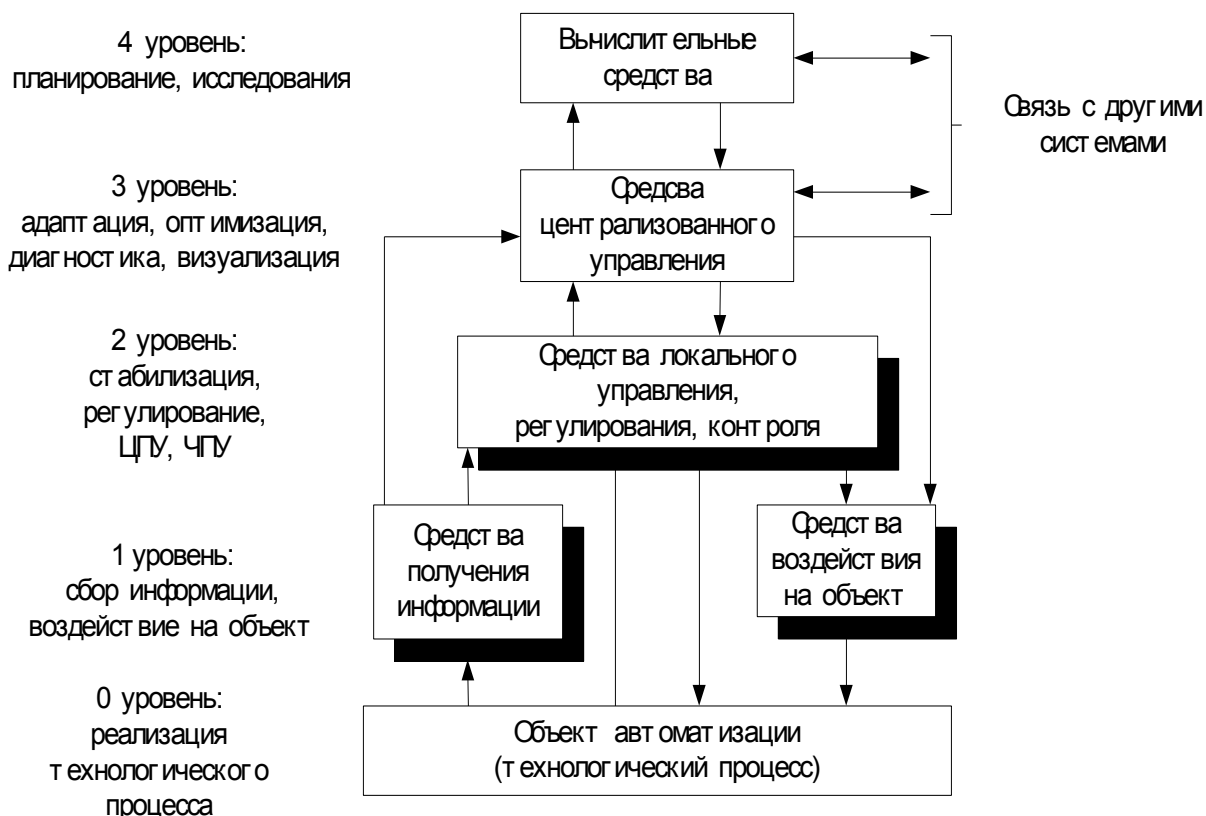


Рис. 1. Иерархия ГСП

Отличительными особенностями современных структур построения автоматизированных систем управления промышленными предприятиями являются проникновение вычислительных средств и внедрение сетевых технологий на все уровни управления.

В мировой практике специалисты по комплексной автоматизации производства также выделяют пять уровней управления современным предприятием, что полностью совпадает с выше приведенной иерархической структурой ГСП.

На уровне **ERP** – Enterprise Resource Planning (планирования ресурсов предприятия) осуществляются расчет и анализ финансово-экономических показателей, решаются стратегические административные и логистические задачи.

На уровне **MES** – Manufacturing Execution Systems (системы исполнения производством) – задачи управления качеством продукции, планирования и контроля последовательности операций технологического процесса, управления производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса, технического обслуживания производственного оборудования.

Эти два уровня относятся к задачам АСУП (автоматизированным системам управления предприятием) и технические средства, с помощью которых эти задачи реализуются – это офисные персональные компьютеры (ПК) и рабочие станции на их основе в службах главных специалистов предприятия.

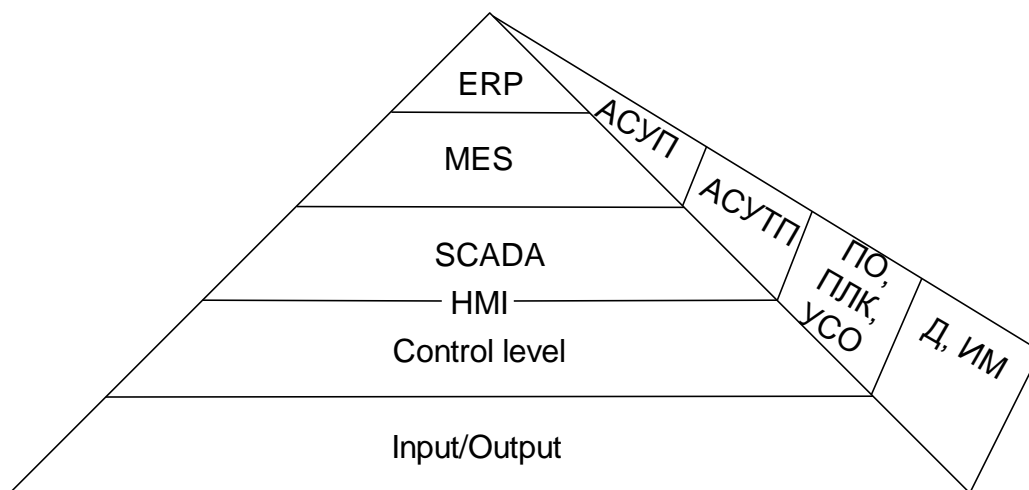


Рис. 2. Пирамида управления современным производством.

На следующих трех уровнях решаются задачи, которые относятся к классу АСУ ТП (автоматизированных систем управления технологическими процессами).

SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition (система сбора данных и супервизорного (диспетчерского) управления) – это уровень тактического оперативного управления, на котором решаются задачи оптимизации, диагностики, адаптации и т.п.

Control-level – уровень непосредственного (локального) управления, который реализуется на таких ТСА как: ПО – панели (пульты) операторов, ПЛК – программируемые логические контроллеры, УСО – устройства связи с объектом.

HMI – Human-Machine Interface (человеко-машинная связь) – осуществляет визуализацию (отображение информации) хода технологического процесса.

Input/Output – Входы/Выходы объекта управления представляют собой датчики и исполнительные механизмы (Д/ИМ) конкретных технологических установок и рабочих машин.

Конструктивно-технологическая структура ГСП

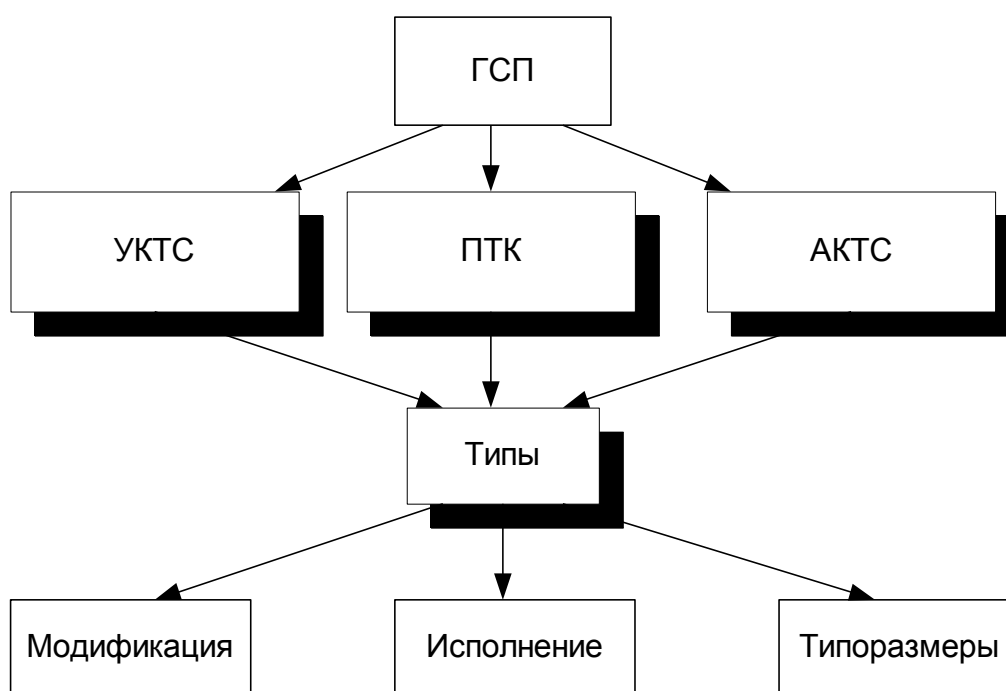


Рис. 3. Структура ГСП

УКТС (унифицированный комплекс технических средств) – это совокупность разных типов технических изделий, предназначенных для выполнения различных функций, но построенных на основе одного принципа действия и имеющие одинаковые конструктивные элементы.

АКТС (агрегатный комплекс технических средств) – это совокупность различных типов технических изделий и приборов, взаимосвязанных между собой по функциональному назначению, конструктивному исполнению, виду питания, уровню входных/выходных сигналов, создаваемая на единой конструктивной и программно-технической базе по блочно-модульному принципу.

Примеры известных отечественных УКТС и АКТС приведены в табл. 1.

ПТК (программно-технический комплекс) – это совокупность микропроцессорных средств автоматизации (программируемые логические контроллеры, локальные регуляторы, устройства связи с объектом), дисплейных панелей операторов и серверов, промышленных сетей, связывающих между собой перечисленные компоненты, а также промышленного программного обеспечения всех этих составных частей, предназначенная для создания распределенных АСУ ТП в различных отраслях промышленности.

Конкретные комплексы технических средств состоят из сотен и тысяч различных типов, типоразмеров, модификаций и исполнений приборов и устройств.

Тип изделия – это совокупность технических изделий, одинаковых по функциональному назначению, единого принципа действия, имеющие одинаковую номенклатуру главного параметра.

Типоразмер – изделия одного и того же типа, но имеющие свои конкретные значения главного параметра.

Модификация – это совокупность изделий одного типа, имеющих определенные конструктивные особенности.

Исполнение – конструктивные особенности, влияющие на эксплуатационные характеристики.

Комплексы ТСА

Таблица 1

Наименование	Состав оборудования	Область применения
Агрегатные средства контроля и регулирования (АСКР)	Преобразователи; устройства программной обработки сигналов; средства отображения информации	Централизованный контроль и регулирование непрерывными и дискретными ТП
Агрегатный комплекс аналоговых электрических средств регулирования на микроэлементной базе (АКЭСР)	Устройства ввода/вывода; регуляторы; задатчики; функциональные блоки; бесконтактные ИМ	Локальные САУ, АСУ непрерывными ТП
Агрегатный комплекс щитовых электрических средств регулирования (КАСКАД-2)	Аналоговые и позиционные регуляторы; вспомогательные устройства	Локальные САУ; системы централизованного контроля и регулирования
Комплекс ТС для локальных информационно- управляемых систем (КТСЛИУС-2)	Устройства преобразования сигналов; ввод/вывод информации в процессор; ОЗУ и внешняя память; контроллеры	Локальные САУ в составе АСУ ТП для непрерывных и дискретных ТП
Микропроцессорные средства диспетчеризации автоматики и телемеханики (МикроДАТ)	Устройства сбора, первичной обработки, отображения и хранения данных; цифровое, программно-логическое управление	Распределенные непрерывные и дискретные АСУ ТП

Агрегатный комплекс щитовых пневматических средств регулирования (СТАРТ)	Регуляторы; показывающие и регистрирующие приборы; функциональные блоки	Пожароопасные технологические процессы
Агрегатный функционально-технический комплекс пневматических средств (ЦЕНТР)	Устройства контроля; ПИ-регуляторы; дистанционное управление ИМ; пульта операторов	
Агрегатный комплекс средств сбора и первичной обработки дискретной информации (АСПИ)	Устройства регистрации, первичной обработки, сбора и передачи информации	АСУ ТП и АСУП для сбора и формирования дискретной первичной информации
Агрегатный комплекс средств электроизмерительной техники (АСЭТ)	Устройства сбора и преобразования информации; коммутаторы; ЦАП и АЦП	Научные исследования, испытания; диагностика
Агрегатный комплекс средств вычислительной техники (АСВТ-М)	Устройства непрерывного управления и переработки, хранения информации, ввода/вывода на носители	АСУ ТП и АСУП, связанные с обработкой большого количества информации
Агрегатный комплекс электрических исполнительных механизмов (АКЭИМ)	Исполнительные механизмы, построенные из унифицированных блоков и модулей	АСУ ТП во всех отраслях промышленности

Система стандартов ГСП

Система стандартов определяет те требования к приборам и средствам автоматизации, которые обеспечивают их совместимость в АСУ ТП по следующим основным признакам:

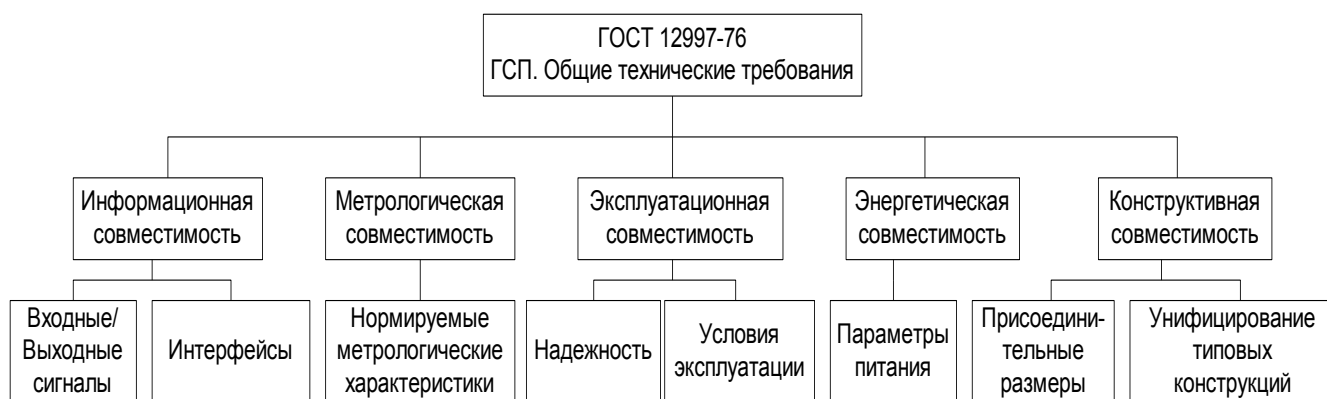


Рис. 4. Стандарты ГСП

Форма отчетности: применение комплексов ТСА на конкретных примерах (в виде отчета по ЛР).

Основная литература:

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55с.;

2) Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего

профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.-156 с.

Дополнительная литература:

- 1) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитоновы. - М.: Форум, 2010. - 384с.;
- 2) Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208с.

Лабораторная работа № 2 (в объеме 6 часов).

Тема: идентификация объекта регулирования.

Цель: изучить задачи автоматического регулирования. Научиться определять параметры объекта регулирования.

Ход работы:

Задачей автоматического регулирования является поддержание с определенной точностью заданного значения какого-либо технологического параметра (регулируемого параметра) или изменение этого параметра по определенному закону. Технологический аппарат или агрегат, в котором осуществляется автоматическое регулирование, называется объектом регулирования, а совокупность технических средств, выполняющих эту задачу – автоматическим регулятором. Объект регулирования и регулятор составляют автоматическую систему регулирования (АСР). Автоматический регулятор должен обеспечивать необходимое качество регулирования. Для этого регулятор и параметры его настройки должны выбираться с учетом свойств объекта регулирования, его статических и динамических характеристик.

Выполняемое в рамках данной работы исследование АСР осуществляется путем последовательного решения трех задач:

- 1) идентификации объекта управления,
- 2) синтеза системы автоматического регулирования,
- 3) анализа работы АСР.

Под идентификацией объекта управления понимается подбор модели, которая адекватно отражает динамические свойства конкретного объекта. Обычно используется методика структурно-параметрической идентификации, основанная на подборе типовой модели по экспериментальным данным, которые характеризуют реакцию объекта на ступенчатое или гармоническое воздействие. Выбирается структура модели, а затем определяются численные значения ее параметров. Решение задачи завершается проверкой адекватности найденной модели. При решении задачи синтеза системы инженерными способами подбирается нужный закон регулирования и рассчитываются параметры настройки регулятора. Под анализом системы понимается проверка работоспособности АСР с помощью одного из известных критериев устойчивости [Л...4] и оценка качества регулирования по рассчитываемой кривой переходного процесса или иным методом.

Идентификация объекта регулирования. Определение параметров объекта регулирования. Наиболее распространенным способом определения параметров объекта регулирования является изучение его реакции на приложенное возмущение. Возмущение на входе объекта осуществляют ступенчатым изменением положения регулирующего органа (изменением регулирующего воздействия) вручную или дистанционно. Переходный процесс изменения во времени регулируемого параметра под действием ступенчатого возмущения называется переходной функцией, кривой разгона или временной характеристикой объекта. Для объектов с самовыравниванием моментом окончания переходного процесса является достижение регулируемым параметром нового установившегося значения. За начальный момент времени $\tau = 0$ принимается момент нанесения возмущения. Для определения параметров, характеризующих динамические свойства объекта, необходимо построить касательную к кривой разгона в точке перегиба А (точка с максимальной скоростью

изменения параметра). Интервал времени ОС от ввода возмущения до пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра Y_0 определит время запаздывания объекта τ_3 . Интервал времени от точки пересечения касательной с горизонталью начального значения параметра Y_0 до точки ее пересечения с линией нового установившегося значения представляет постоянную времени объекта T_0 (отрезок $C_1 D_1$).

Коэффициент передачи объекта K_{OB} , $\frac{\text{ед.изм.рег.парамтра}}{\% \text{.хода.рег.органа}}$, определяется по формуле

$$K_{OB} = \frac{\Delta Y_{\infty}}{\Delta X} = \frac{Y_1 - Y_0}{\Delta X}, \quad (1)$$

Где Y_1 – значение регулируемого параметра после завершения переходного процесса, ед.изм.рег.параметра;

Y_0 – значение регулируемого параметра до нанесения возмущения, ед.изм.рег.параметра;

ΔX – возмущающее воздействие, нанесенное регулирующим органом, % хода регулирующего органа.

Коэффициент самовыравнивания K_C определяется по кривой разгона как отношение изменения входной величины (возмущения) к изменению выходной (регулируемого параметра). Эти изменения выражают в относительном виде: входную величину как отношение хода исполнительного механизма при вводе возмущения к его полному ходу $\Delta X / 100$, а выходную – как отношение изменения регулируемого параметра к его заданному значению $\Delta Y_{\infty} / Y_0$:

$$K_C = \frac{\Delta X}{100} \cdot \frac{Y_0}{\Delta Y_{\infty}} = \frac{Y_0}{K_{OB}} \cdot 10^{-2}. \quad (2)$$

По описанной выше методике определите параметры объекта регулирования: τ_3, T_0, K_{OB}, K_C .

Математическая модель объекта регулирования.

В результате проведенного при выполнении исследования установлено, что для заданного в варианте объекта присущи свойства самовыравнивания, запаздывания и инерционности. На основании чего структуру объекта можно представить состоящей из двух типовых звеньев: звена чистого запаздывания и апериодического (инерционного) звена первого порядка (т.е. выполнена структурная идентификация объекта регулирования). Математическая модель объекта при такой структуре может быть представлена кусочной функцией, имеющей вид:

$$\begin{cases} Y(\tau) - Y_0 = 0 & \text{при } 0 \leq \tau \leq \tau_3, \\ Y(\tau) - Y_0 = K_{OB} \cdot \left(1 - e^{-\frac{\tau - \tau_3}{T_0}} \right) & \text{при } \tau > \tau_3. \end{cases} \quad (3)$$

где e – основание натуральных логарифмов.

Заданная переходная функция при этом заменяется экспоненциальной зависимостью, график которой смещен относительно начала координат на величину времени

запаздывания τ_3 . Модель объекта можно представить также с использованием преобразования Лапласа в виде его передаточной функции $W(p)_{OB}$, которая равна произведению передаточных функций двух выше названных типовых динамических звеньев

$$W(p)_{OB} = \frac{K_{OB}}{(T_0 \cdot p + 1) \cdot e^{-p\tau_3}}, \quad (4)$$

где p – оператор Лапласа;
 e – основание натуральных логарифмов.

Формальная замена оператора Лапласа p в выражении (4) на комплексную переменную $j\omega$ позволяет получить еще один вид математической модели объекта в виде его амплитудно-фазовой частотной характеристики $W(j\omega)_{OB}$

$$W(j\omega)_{OB} = \frac{K_{OB}}{T_0 \cdot j\omega + 1} \cdot e^{-j\omega\tau_3}, \quad (5)$$

где j – мнимая единица ($\sqrt{-1}$);

ω – угловая частота колебаний, рад/с.

Нахождение численных значений параметров τ_3 , T_0 , K_{OB} , K_C и подстановкой этих значений в формулы (3),(4) и (5) является переходом от структурной идентификации к параметрической.

Форма отчетности: письменно выполнить подстановку указанных параметров в формулы (3),(4) и (5) и получить в результате этого три формы представления математической модели заданного объекта.

Основная литература:

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55с.;

2) Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.-156 с.

Дополнительная литература:

1) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонова. - М.: Форум, 2010. - 384с.;

2) Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- 1) Задачей автоматического регулирования;
- 2) Идентификация объекта регулирования;
- 3) Определение параметров объекта регулирования.

Лабораторная работа № 3 (в объеме 6 часов).

Тема: Синтез автоматической системы регулирования.

Цель: рассмотрение и закрепление на практике ключевых практических вопросов по теме работы.

Ход работы:

1) Показатели качества регулирования:

Для выбора закона регулирования и расчета параметров настройки регулятора необходимо предварительно сформулировать требования к качеству автоматического регулирования. Показатели качества задаются исходя из требований технологического процесса. При выполнении исследовательской работы они задаются в виде исходных данных и приведены в приложении. Физический смысл основных показателей качества разъясняется ниже.

1. Максимальное динамическое отклонение регулируемого параметра от его заданного значения в процессе регулирования $\Delta Y_1(\tau)$ представляет собой первое отклонение, следующее непосредственно за возмущением. Это отклонение зависит от динамических свойств объекта, величины возмущения и настроек регулятора. Степень воздействия регулятора на переходный процесс характеризуется динамическим коэффициентом регулирования R_d , представляющим отношение максимального отклонения регулируемой величины от задания $\Delta Y_1(\tau)$ в процессе регулирования к отклонению ΔY_∞ при том же возмущении, но без вмешательства регулятора:

$$R_d = \frac{\Delta Y_1(\tau)}{\Delta Y_\infty}. \quad (5)$$

2. Показатель «степень перерегулирования» характеризует склонность переходного процесса к колебаниям. Степень перерегулирования σ , % представляет собой отношение второй амплитуды $\Delta Y_2(\tau)$ к максимальной амплитуде $\Delta Y_1(\tau)$, выраженное в процентах:

$$\sigma = \frac{\Delta Y_2(\tau)}{\Delta Y_1(\tau)} \cdot 100. \quad (6)$$

Переходный процесс, при котором $\sigma = 0$, называется аperiodическим. При незатухающих колебаниях $\sigma = 100\%$, при неустойчивом (расходящемся) процессе регулирования $\sigma > 100\%$. Увеличение величины перерегулирования приводит к увеличению времени регулирования, но в то же время – к уменьшению динамического отклонения. Обычно при выборе регулятора принимают один из трех типовых переходных процессов регулирования: аperiodический, процесс с 20%-ным перерегулированием, процесс с

минимальным квадратичным отклонением (т.е. $\min \int_0^\infty \Delta Y^2(\tau) d\tau$).

3. Время регулирования τ_p – это отрезок времени с момента начала отклонения регулируемого параметра от задания до его возвращения (с определенной степенью точности) – заданному значению.

4. Статическая ошибка ΔY_{CT} – это остаточное отклонение параметра от его заданного значения после окончания переходного процесса.

Необходимо рассчитать величину динамического коэффициента регулирования R_d , которая соответствует допустимому значению максимального динамического отклонения $\Delta Y_1(\tau)$. Входящую в формулу (5) величину изменения параметра ΔY_∞ нужно предварительно вычислить по формуле (1), используя для этого максимальное возмущающее воздействие ΔX_{max} и коэффициент передачи объекта K_{OB} .

2) Законы автоматического регулирования:

Законом регулирования называется функциональная связь между регулирующим воздействием $U(\tau)$ и отклонением регулируемого параметра от заданного значения $\Delta Y(\tau)$. Эта функциональная связь может иметь различный характер и является основой работы

каждого регулятора. Поэтому под выражением «выбор регулятора» в первую очередь понимается определение закона регулирования. Выбор производится в зависимости от свойств объекта, условий его работы и требуемых показателей качества регулирования. Причем, чем ответственнее задача ставится перед регулятором, тем более сложный закон он должен реализовывать, тем по более сложному закону он должен работать. Простейшим законом регулирования является позиционный, при котором регулятор в зависимости от текущего значения регулируемого параметра переключает регулирующее воздействие с одного фиксированного уровня на другой. На практике используются обычно двух- и трехпозиционные законы регулирования, имеющие соответственно два и три фиксированных уровня воздействия.

Математическая формулировка идеального двухпозиционного регулирования имеет вид:

$$\begin{cases} U(\tau) = U_1 & \text{при } \Delta Y(\tau) \leq 0 \text{ или } Y(\tau) \leq Y_0 \\ U(\tau) = U_2 & \text{при } \Delta Y(\tau) > 0 \text{ или } Y(\tau) > Y_0. \end{cases} \quad (7)$$

Более сложные законы регулирования – пропорциональный (П), интегральный (И), пропорционально-интегральный (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД) – осуществляются регуляторами непрерывного или импульсного действия.

При пропорциональном законе регулирующее воздействие прямо пропорционально отклонению параметра от заданного значения

$$U(\tau) = K_p \cdot \Delta Y(\tau), \quad (8)$$

где K_p – коэффициент передачи регулятора, являющийся параметром его настройки. Для работы П-регулятора характерно наличие статической ошибки регулирования $\Delta Y_{ст}$.

Интегральный закон регулирования описывается выражением:

$$U(\tau) = \frac{1}{T_I} \int_0^{\infty} \Delta Y(\tau) d\tau, \quad (9)$$

где T_I – постоянная времени интегрирования (параметр настройки регулятора); часто

величину $\frac{1}{T_I}$ в формуле (9) заменяют на K_p по аналогии с формулой (8). При этом законе регулятор будет изменять регулирующее воздействие до тех пор, пока не перестанет изменяться величина интеграла, т.е. пока регулируемый параметр не вернется к заданному значению. Таким образом, после завершения работы И-регулятора статической ошибки не остается ($\Delta Y_{ст} = 0$).

Пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования является комбинацией П- и И-законов

$$U(\tau) = K_p \cdot \left(\Delta Y(\tau) + \frac{1}{T_{II}} \int_0^{\infty} \Delta Y(\tau) d\tau \right) \quad (10)$$

ПИ-регулятор имеет два параметра настройки: K_P и T_{II} . (параметр T_{II} называют временем изодрома или временем удвоения). Пропорционально-интегральный регулятор обеспечивает более высокое качество регулирования, чем П- и И-регуляторы. Статической ошибки не оставляет ($\Delta Y_{CT} = 0$).

Наиболее сложным законом регулирования является пропорционально-интегрально-дифференциальный (ПИД), который описывается выражением

$$U(\tau) = K_p \cdot \left(\Delta Y(\tau) + \frac{1}{T_u} \int_0^{\infty} \Delta Y(\tau) d\tau + T_d \cdot \frac{d(\Delta Y(\tau))}{d\tau} \right) \quad (11)$$

где T_d – постоянная времени дифференцирования или время предварения. ПИД-регулятор имеет три параметра настройки: K_P , T_{II} , T_d . Он применяется на наиболее «трудных» объектах и там, где требуется обеспечить высокое качество

Форма отчетности: письменный отчет о показателях качества регулирования, законах автоматического регулирования с использованием формул (на конкретных примерах).

Основная литература:

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55с.;

2) Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.-156 с.

Дополнительная литература:

1) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонов. - М.: Форум, 2010. - 384с.;

2) Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208с.

Контрольные вопросы для самопроверки:

- 1) Показатели качества регулирования;
- 2) Законы автоматического регулирования.

Лабораторная работа № 4 (в объеме 8 часов).

Тема: проектирование электрических и электромеханических устройств.

Цель: научиться производить расчет параметров маломощных сетевых трансформаторов.

Ход работы:

Электрические и электромеханические устройства (электродвигатели, тяговые электромагниты, электромеханические реле, дроссели, трансформаторы и др.) содержат катушки из обмоточного провода и магнитопроводы (сердечники) из магнитомягких

материалов. В процессе конструирования необходимо определить основные размеры этих устройств, точные данные катушек, выбрать материалы сердечников и разработать конструкторскую документацию на эти изделия. Разработка конструкции изделий с обмотками имеет ряд особенностей и представляет определенные трудности. В данном разделе мы рассмотрим основные приемы конструирования таких изделий на примере трансформатора и электромагнита.

Трансформаторы широко применяется в сетевых источниках питания, а также для питания двигателей переменного тока, для работы электромеханических реле, устройств сигнализации, для освещения рекламных щитов, новогодних елок и т.п. Прежде всего, необходимо определить электрические параметры трансформатора. Принципиальная схема его приведена на рис.2.17. На схеме обозначено: $\sim U_1$ - напряжение сети переменного тока (напряжение на первичной обмотке); $\sim U_2$ - переменное напряжение вторичной обмотки (напряжение на нагрузке R_n); i_1 - ток первичной обмотки; i_2 - ток вторичной обмотки (ток в нагрузке); W_1 - число витков первичной обмотки; W_2 - число витков вторичной обмотки. Трансформатор преобразует напряжение сети U_1 , подведенное к клеммам 1 и 2, в другое напряжение U_2 , необходимое для питания нагрузки, которую обычно представляют в виде сопротивления R_n , подключенную к клеммам 3 и 4. Эти напряжения можно измерить вольтметром переменного тока. Чаще всего напряжение U_2 бывает меньше U_1 , и трансформатор называют понижающим.

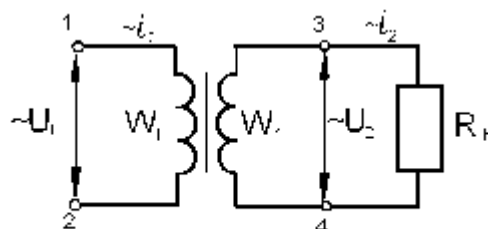


Рис. 2.17. Принципиальная схема трансформатора

Отношение действующих напряжений

$$n = U_1 / U_2$$

называют коэффициентом трансформации.

Пример. Рассчитаем электрические параметры трансформатора для магнитопровода из стандартных пластин Ш-образного типа, которые изготавливают из электротехнической стали. Форма пластин и их размеры приведены на рис. 2.18 и в таблице 2.4.

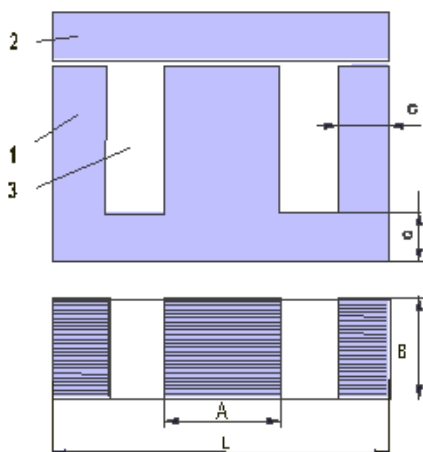


Рис. 2.18. Ш-образные пластины сердечника трансформатора: 1) - формообразующая пластина; 2) - замыкающая пластина; 3) - "окно" сердечника.

Таблица 2.4.

Обозначение пластин	Размеры, мм		
	A	c	L
Ш16	16	8	48
Ш24	24	12	72
Ш32	32	16	96
Ш40	40	20	120
Ш48	48	24	144
Ш52	52	26	156
Ш60	60	30	180

Упрощенный порядок расчета параметров трансформатора, пригодный для любительской практики, следующий:

1) определяют выходную мощность трансформатора

$$P_{\text{вых}} = U_2 \cdot I_2$$

где $P_{\text{вых}}$ - выходная мощность на нагрузке, ватт; U_2 - действующее напряжение, вольт; I_2 - действующее значение силы тока, ампер;

2) вычисляют площадь сечения сердечника трансформатора (в см²)

$$S_{\text{серд}} = 0,1 \cdot P_{\text{вых}}, \text{ (см}^2\text{)}$$

3) по полученному значению $S_{\text{серд}}$ выбирают размеры сердечника: задаются шириной пластин A и определяют толщину набора B по формуле

$$B = S_{\text{серд}} / A, \text{ (см)}$$

4) определяют число витков обмотки, приходящийся на один вольт напряжения, по эмпирической формуле

$$W = 40 / S_{\text{серд}}$$

5) находят число витков первичной обмотки:

$$W_1 = U_1 \cdot W \text{ (витков)}$$

6) находят число витков вторичной обмотки:

$$W_2 = U_2 \cdot W \text{ (витков)}$$

7) выбирают диаметр обмоточного провода первичной обмотки:

$$d_1 = 0,006 \dots 0,12 \text{ мм}$$

(провод ПЭВ-2) для трансформаторов мощностью $P_{\text{вых}} < 100$ Вт;

8) определяют диаметр провода вторичной обмотки:

$$d_2 = n \cdot d_1^2 \text{ (мм)}$$

где n - коэффициент трансформации, который можно определить по формуле:

$$n = W_1 / W_2$$

Таким образом определяют основные параметры, которые используются при изготовлении трансформаторов.

Форма отчетности: произвести расчет параметров маломощных сетевых трансформаторов

Исходные данные:

<i>Последняя цифра зачетки</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
U_2 - переменное напряжение вторичной	2	1	1,5	2,5	5	10	15	18	25	30

обмотки, В										
I_2 - действующее значение силы тока, А	0,5	0,1	0,2	0,6	0,8	1	1,5	2	2,25	3

$U_1=220$, В - напряжение сети переменного тока (напряжение на первичной обмотке);

Основная литература:

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55с.;

2) Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.-156 с.

Дополнительная литература:

1) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонов. - М.: Форум, 2010. - 384с.;

2) Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208с.

Лабораторная работа № 5 (в объеме 8 часов).

Тема: проектирование электромагнитов.

Цель: изучить принцип работы электромагнитов.

Ход работы:

В технических устройствах, в том числе и их моделях, в качестве исполнительных устройств часто используются электромагниты постоянного тока. Схема одного из таких электромагнитов приведена на рис. 2.21.

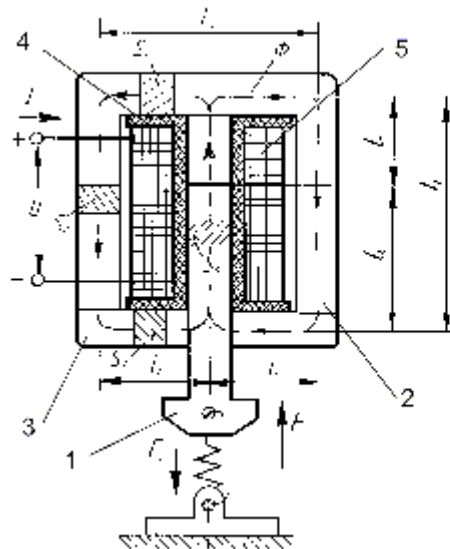


Рис. 2.21. Конструктивная схема электромагнита

- 1) втяжной якорь; 2) сердечник магнитопровода; 3) ярмо (крышка) сердечника;
- 4) каркас катушки; 5) обмотка катушки

Якорь и сердечник магнитопровода могут быть прямоугольного или круглого сечений. Они могут быть изготовлены из сплошного материала или набраны из пластин электротехнической стали подобно сердечнику трансформаторов.

Задача проектирования - по заданной силе сопротивления исполнительного механизма F_u и ходу якоря l_0 определить необходимое тяговое усилие F и конструктивные параметры электромагнита. Тяговое усилие F создается магнитным потоком Φ , проходящим через сердечник магнитопровода и воздушный промежуток длиной l_0 и возбуждаемым током обмотки электромагнита I .

Сила F в ньютонах может быть определена по формуле Максвелла

$$F = S_0 \cdot B_0^2 / (2 \cdot \mu_0) \quad (2.37)$$

где S_0 - сечение воздушного промежутка, м²; B_0 - магнитная индукция в воздушном зазоре, тл (тесла); μ_0 - магнитная проницаемость вакуума, равная магнитной проницаемости воздуха, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ гн/м (генри/метр). Учитывая, что в рационализированной системе МКСА (метр, кг, с, а) тесла имеет размерность 1 вебер/А, формулу 2.37 с небольшой погрешностью можно записать в виде

$$F = 4 \cdot 10^5 \cdot S_0 \cdot B_0 \quad (2.38)$$

Для полностью втянутого якоря ($l_0 = 0$) сила удержания магнита F_y в ньютонах определится по формуле

$$F_y = S \cdot B^2 / (2 \cdot \mu_a) \quad (2.39)$$

где S - сечение магнитопровода, м²; B - индукция в материале сердечника магнитопровода, тл; μ_a - абсолютная магнитная проницаемость материала сердечника, гн/м. Величина μ_a определяется по зависимости

$$\mu_a = \mu_0 \cdot \mu_r \quad (2.40)$$

где μ_r - относительная магнитная проницаемость материала сердечника, которая выбирается по таблице 2.5.

Таблица 2.5.

Относительная магнитная проницаемость ферромагнитных материалов

$H, A/m$	Fe		Ni		Co	
	$B, тл$	$\mu_r, гн/м$	$B, тл$	$\mu_r, гн/м$	$B, тл$	$\mu_r, гн/м$
80	0,50	5800	0,05	620	-	-
400	1,10	1230	0,45	860	0,06	115
800	1,25	300	0,5	500	0,2	170
4000	1,45	100	0,55	120	0,6	120
8000	1,60	62	0,65	62	0,8	78

Индукция B_0 в воздушном промежутке определяется по магнитному потоку Φ по формуле

$$B_0 = \Phi / S_0 \quad (2.41)$$

где Φ - магнитный поток в магнитопроводе, который определяется из соотношения

$$\Phi = B / S \quad (2.42)$$

где B - индукция в материале сердечника магнита, тл; S - сечение магнитопровода, м². Значение B берут из таблиц или находят по кривой намагничивания материала (рис. 2.22).

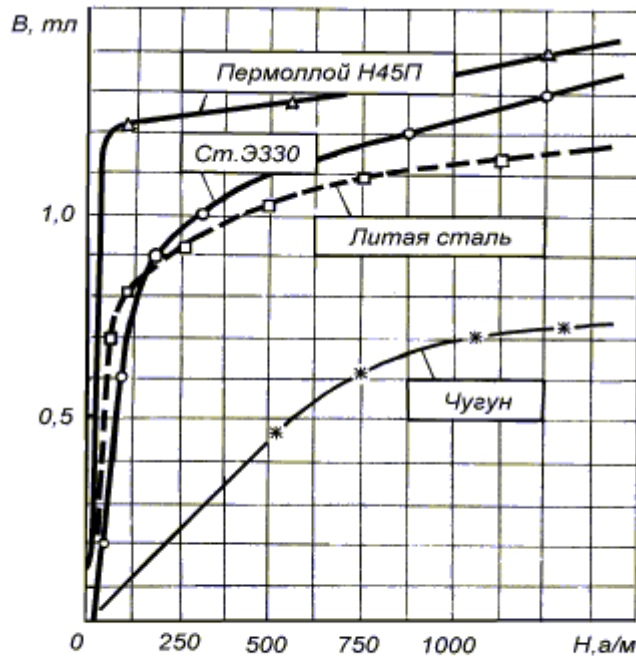


Рис. 2.22. Кривые намагничивания различных материалов

Для создания магнитного потока необходима намагничивающая сила F_m (магнитодвигательная сила, МДС), которую определяют по закону полного тока для магнитной цепи

$$F_m = \sum_{i=1}^k H_i l_i = w I \text{ (А-витков)} \quad (2.43)$$

где H - напряженность магнитного поля на участке магнитной цепи, А/м; l - длина магнитной силовой линии на участке, м; w - число витков обмотки катушки; I - сила тока в обмотке электромагнита, А; i - номер участка цепи. Для рассматриваемого электромагнита

$$F_m = 2 H_1 l_1 + 2 H_2 l_2 + H_3 l_3 + H_4 l_4 + H_0 l_0 = w I. \quad (2.44)$$

Величину напряженности магнитного поля H находят для каждого участка магнитной цепи по кривым намагничивания (рис. 2.22). Если материалы сердечника различны для каждого участка цепи, то величину магнитной индукции берут несколько меньше индукции насыщения, т.е. чуть ниже "колена" кривой намагничивания. Например, для стали Э330 значение B удобно взять в пределах 0,9...1,0 тл, для литой стали - 0,7...0,8 тл, а для чугуна - 0,4...0,6 тл.

Величину напряженности магнитного поля в воздушном промежутке определяют по формуле

$$H_0 = 0,8 \cdot 10^6 \cdot B_0 \text{ (А/м)}. \quad (2.45)$$

Число витков обмотки w или силу тока I находят из формулы:

$$w = F_m / I \quad (2.46)$$

Диаметр провода для намотки катушки электромагнита находят по приближенной формуле

$$d_{\text{пр}} = 1,14 \sqrt{(I / \Delta j)}, \quad (2.47)$$

где Δj - допустимая плотность тока в А / мм² (для меди $\Delta j = 6$ А/мм², для алюминия - $\Delta j = 4$ А/мм²).

По найденным величинам w и $d_{\text{пр}}$ находят длину намоточного провода $L_{\text{пр}}$ и размеры катушки, а также уточняют форму сердечника магнитопровода. Теперь, зная длину и

диаметр провода, а также его материал, определяют сопротивление намоточного провода по формуле

$$R = (4 \cdot \rho \cdot L_{np}) / (\rho \cdot d_{np}^2), \text{ Ом}$$

где ρ - удельное сопротивление материала, $\text{ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ (для меди $\rho = 0,017 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, для алюминия - $\rho = 0,029 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$).

Отметим, что расчетное значение тягового усилия F должно быть больше силы сопротивления $F_{и}$ исполнительного механизма. Сила $F_{и}$ может быть как постоянной, так и изменяющейся т.к. ход якоря l_0 может быть величиной непостоянной - в некоторых устройствах бывает необходимо эту величину регулировать за счет изменения магнитного поля электромагнита. В этом случае силу F рассчитывают так, чтобы $F \gg n \cdot F_{и}$, где n - коэффициент запаса по срабатыванию электромагнита, который выбирается в пределах 1,5...1,8, а значение силы F берут максимальным. В технических устройствах иногда применяют электромагниты, работающие на переменном токе с частотой 50 гц. В этом случае катушка будет создавать переменное пульсирующее тяговое усилие с частотой 100 гц, которое приводит к вибрации якоря. Чтобы уменьшить эту вибрацию, якорь "расщепляют" (делают паз на его плоском конце) и "одевают" на него короткозамкнутый виток из меди или из латуни. Переменная составляющая тягового усилия F сдвигается по времени и вибрация уменьшается - соответственно, уменьшается "гудение" электромагнита.

Пример. Определить конструктивные параметры электромагнита (рис. 2.20), если ход якоря $l_0 = 15 \text{ мм}$, $F_u = 12 \text{ Н}$, магнитопровод магнита состоит из листов стали Э330 прямоугольного сечения $S_1 = S_2 = S_3 = 2 \text{ см}^2$, якорь сечением $S_u = S_0 = 3 \text{ см}^2$ изготовлен из сплошного листа стали.

Последовательность определения конструктивных параметров.

1. Задаются предварительными размерами магнитопровода:

$$l_u = 2 \cdot l_0 = 2 \cdot 15 = 30 \text{ мм}; \quad l_2 = l_u + l_0 = 45 \text{ мм}; \\ l_3 = 1,5 \cdot l_2 = 45 \cdot 1,5 = 68 \text{ мм}; \quad l_1 = l_3 / 2 = 34 \text{ мм}$$

2. Находят требуемое усилие F электромагнита:

$$F = 1,5 \cdot F_u = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ Н.}$$

3. Находят требуемое значение B_0 из формулы (2.38)

$$B_0 = \sqrt{\frac{F}{4 \cdot 10^5 \cdot S_0}} = \sqrt{\frac{F}{4 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}} = 0,385 \cong 0,4 \text{ тл}$$

4. Определяют магнитный поток в сердечнике магнитопровода по формуле (2.41)

$$\Phi = B_0 \cdot S_0 = 0,385 \cdot 3 \cdot 10^{-4} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ вб.}$$

5. Находят значение магнитной индукции для каждого из участков магнитной цепи:

$$B_1 = B_2 = B_3 = \frac{\Phi}{S_1} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} = 0,6 \text{ тл};$$

$$B_u = \frac{\Phi}{S_u} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{3 \cdot 10^{-4}} = 0,4 \text{ тл}.$$

6. По кривым намагничивания (рис. 2.22) находят напряженности магнитного поля в участках магнитной цепи H_i :

$$H_1 = H_2 = H_3 = 110 \text{ А/м};$$

$$H_u = 90 \text{ А/м}.$$

Значение H_0 в воздушном промежутке находят по формуле:

$$H_0 = 0,8 \cdot 106 \cdot B_0 = 0,8 \cdot 106 \cdot 0,4 = 0,32 \text{ А/м}$$

7. Находят значение МДС по формуле 2.43

$$F_m = \sum_{i=1}^x H_i l_i =$$

$$= 2 H_1 l_1 + 2 H_2 l_2 + H_3 l_3 + H_4 l_4 + H_0 l_0 =$$

$$= 2 \cdot 110 \cdot 0,034 + 2 \cdot 110 \cdot 0,045 + 110 \cdot 0,068 + 90 \cdot 0,03 + 0,32 \cdot 10^6 \cdot 0,015 =$$

$$= 4827 \text{ А} \cdot \text{витков}$$

8. По выбранному значению тока в катушке электромагнита (например, $I = 2, \text{А}$) находят число витков катушки по формуле 2.46:

$$w = F_m / I = 4827 / 2 = 2414 \text{ витков}.$$

9. Подставляя в формулу 2.47 полученные ранее значения, находят диаметр провода:

$$d_{\text{пр}} = 1,14 \sqrt{\frac{I}{\Delta I}} = 1,14 \sqrt{\frac{2}{6}} = 0,66$$

Основные характеристики электромагнита, таким образом, определены.

Форма отчетности: решение задачи в электронном и бумажном вариантах по исходным данным.

Исходные данные для проектирования электромагнитов

Последняя цифра зачетки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ход якоря l_0 , мм	2	1	1,5	2,5	5	10	15	18	25	30
Силе сопротивления исполнительного механизма F_u , Н	1	5	10	18	4,8	5	10	15	14	27
Магнитопровод магнита	Пермаллой Н45П			Литая сталь			Сталь Э330			
Магнитопровод магнита прямоугольного сечения $S_1 = S_2 = S_3$, см ²	4	5	6	4	4,5	2	5	6	5,5	6
Якорь сечением изготовлен из сплошного листа стали, $S_u = S_0$, см ²	2	3	2,5	4	3,5	5	2	3	4	5

Основная литература:

1) Заложных, В.М. Управление техническими системами/В.М. Заложных, В.А. Иванников. - Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2010. - 55с.;

2) Беляев, П.С. Системы управления технологическими процессами: учебное пособие / П.С. Беляев, А.А. Букин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014.-156 с.

Дополнительная литература:

1) Управление техническими системами: учебное пособие/Е. Б. Бунько, К. И. Меша, Е. Г. Мурачев и др.; Под ред. В. И. Харитонов. - М.: Форум, 2010. - 384с.;

2) Кудряшов, В.С. Моделирование систем: учебное пособие/В.С. Кудряшов, М.В. Алексеев. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2012. - 208с.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Microsoft Imagine Premium (ОС Windows 7 Professional);
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
3. Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition. 1000-1499 Node 1 year Educational Renewal License.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ Лк, ЛР</i>
1	2	3	4
Лк	Лекционная аудитория (мультимедийный класс)	Интерактивная доска	№ 1- № 5
ЛР	дисплейный класс с доступом к сети интернет	ПК класса Пентиум – 10 шт. Microsoft Excel, Word	№ 1- № 5
СР	ЧЗ-1	-	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-11	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;	1. Автоматизированные системы управления.	1.1. Системы автоматического управления и следящие системы; 1.2. Системы автоматического регулирования; 1.3. Системы автоматического контроля.	Экзаменационные вопросы 1.1. – 1.12.
ПСК-2.8	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования	2. Системы управления технологическим оборудованием.	2.1. Классификация систем управления оборудованием; 2.2. Системы числового программного управления промышленным оборудованием; 2.3. Системы адаптивного программного управления; 2.4. Гибкие производственные системы и гибкие производственные модули.	Экзаменационные вопросы 2.1. – 2.9.

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		Экзаменационные вопросы	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-11	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования	1.1. Классификация и назначение автоматических систем контроля и управления; 1.2. Классификация процессов управления систем автоматического регулирования; 1.3. Определение системы автоматического регулирования и системы автоматического контроля; 1.4. Принцип регулирования по отклонению; 1.5. Принцип регулирования по внешнему возмущающим воздействиям; 1.6. Статистическая ошибка регулирования. 1.7. Классификация систем автоматического регулирования. 1.8. Структура замкнутой системы автоматического регулирования. 1.9. Структурная схема. Основные правила преобразования структурной схемы системы регулирования. 1.10. Общая характеристика критериев устойчивости. 1.11. Показатели качества регулирования. 1.12. Виды переходных процессов и их показатели качества.	1. Автоматизированные системы управления.
2.	ПСК – 2.8		2.1. Классификация СУТО; 2.2. Задачи СУТО; 2.3. Система числового программного управления; 2.4. Принцип построения СЧПУ; 2.5. Характеристика гибкой производственной системы;	2. Системы управления технологическим оборудованием.

			<p>2.6. Техническая диагностика;</p> <p>2.7. Активный, пассивный контроль;</p> <p>2.8. Примеры управления процессами;</p> <p>2.9. Примеры управления системами.</p>	
--	--	--	---	--

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать: ПК-11: Способы осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;</p> <p>ПСК-2.8 принципы работы, свойства, технические характеристики, конструктивные особенности технических систем;</p> <p>Уметь: ПК-11: Осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования</p> <p>ПСК-2.8 осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации;</p> <p>Владеть: ПК-11: Навыками осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования</p> <p>ПСК-2.8 методами контроля и управления техническими системами.</p>	отлично	оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он демонстрирует полное освоение фундаментальных основ управления техническими системами, владеет профессиональной терминологией и понятийным аппаратом, понимает суть и значение процессов управления техническими системами при разработке и/или модернизации оборудования.
	хорошо	оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если в усвоении учебного материала им допущены небольшие пробелы, не искажившие содержание ответа; допущены один – два недочета.
	удовлетворительно	оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если в его ответе содержание теоретического материала раскрыто неполно, но показано общее понимание фундаментальных основ управления техническими системами и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов преподавателя.
	неудовлетворительно	обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний основных понятий и фундаментальных основ управления техническими системами.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Изучение дисциплины «Управление техническими системами» основывается на формировании у будущих специалистов знаний основных положений и принципов построения, анализа и синтеза современных технических систем.

В ходе освоения раздела 1 – Автоматизированные системы управления – обучающиеся должны изучить системы автоматического управления и следящие системы, системы автоматического регулирования и системы автоматического контроля.

В ходе освоения раздела 2 – Системы управления технологическим оборудованием – обучающиеся должны изучить: 1) классификацию систем управления оборудованием, 2) системы числового программного управления промышленным оборудованием, 3) гибкие производственные системы и гибкие производственные модули.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

- 1) Теории автоматического управления;
- 2) Идентификации объекта регулирования;
- 3) Гибким производственным системам;
- 4) Гибким производственным модулям;
- 5) Системам числового программного управления промышленным оборудованием.

Закрепление всех вопросов, рекомендуемых для лабораторных работ, а также при подготовке к экзамену требует основательной самостоятельной подготовки. Основной целью самостоятельной работы обучающихся является обучение навыкам работы с научно-теоретической литературой и практическими материалами, которые необходимы для углубленного изучения дисциплины. Самостоятельная работа проводится для того, чтобы обучающийся умел самостоятельно изучать, анализировать, перерабатывать и излагать изученный материал. Учитывая значимость самостоятельной работы, литература, вопросы для самопроверки - в разделах «Практическая работа» и «Фонд оценочных средств».

Работа с литературой является обязательной. При этом приветствуется привлечение дополнительных источников из Интернета. В случае возникновения определенных вопросов, обучающийся может обратиться к преподавателю за консультацией как на лабораторных работах, так и во время индивидуальных консультаций.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в виде лекций, лабораторных работ в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Управление техническими системами

1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: изучение принципов построения, анализа и синтеза современных технических систем, формирование знаний по общим и специфическим вопросам управления техническими системами.

Задачей изучения дисциплины является: освоение основных положений и принципов управления техническими системами.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: ЛР – 34 час., Лк-51 час., СР – 23 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 час., 4 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Автоматизированные системы управления;
- 2 – Системы управления технологическим оборудованием.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-12 - способность проводить стандартные испытания наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования;

ПСК-2.8 - способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен.

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры иностранных языков № ____ от «__» _____ 20 __ __ г.,

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ПК-11	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования	1. Автоматизированные системы управления.	1.1. Системы автоматического управления и следящие системы; 1.2. Системы автоматического регулирования; 1.3. Системы автоматического контроля.	Контрольное задание №1 - № 3.
ПСК-2.8	Способность осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации и автоматизации подъемно-транспортных, строительных и дорожных работ и их технологического оборудования	2. Системы управления технологическим оборудованием.	2.1. Классификация систем управления оборудованием; 2.2. Системы числового программного управления промышленным оборудованием; 2.3. Системы адаптивного программного управления; 2.4. Гибкие производственные системы и гибкие производственные модули.	Контрольное задание №1 - № 3.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
Знать: ПК-11: способы осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования; ПСК-2.8	зачтено	оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если вопросы раскрыты без существенных ошибок, продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов и сформированность компетенций. Допускаются незначительные ошибки.

<p>принципы работы, свойства, технические характеристики, конструктивные особенности технических систем;</p> <p>Уметь: ПК-11: осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования</p> <p>ПСК-2.8 осуществлять контроль за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации средств механизации;</p> <p>Владеть: ПК-11: Навыками осуществления контроля за параметрами технологических процессов производства и эксплуатации наземных транспортно-технологических средств и их технологического оборудования</p> <p>ПСК-2.8 методами контроля и управления техническими системами.</p>	<p>не зачтено</p>	<p>оценка «не зачтено» выставляется, если не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов; не сформированы компетенции, умения и навыки.</p>
---	------------------------------	---

Контрольное задание №1.

1. Назовите основные этапы развития, современное состояние и перспективы развития теории автоматического управления.
2. Приведите примеры простейших систем автоматического управления.
3. В чем преимущества принципа регулирования по отклонению перед регулированием по возмущению?
4. Назовите основные элементы схемы системы управления. Выделите в простейшей системе автоматического управления эти элементы.
5. Дайте характеристику основных регулярных сигналов, используемых для исследования систем управления.
6. Какая система называется линейной?

Контрольное задание №2.

Подобрать одну из систем управления (регулирования) в машиностроительной промышленности. Привести ее функциональную схему, дать подробное описание системы по следующему плану:

- 1) перечислить все элементы системы: объект управления (регулирования), управляющее устройство, преобразователи, элемент сравнения, исполнительный механизм (элемент), датчик;
- 2) дать алгоритм управления;
- 3) описать сигналы, действующие в системе: задающее воздействие, возмущающее воздействие, управляющее воздействие, ошибочный сигнал датчика;
- 4) составить структурную схему (показать все элементы и сигналы);

Контрольное задание №3.

Раскрыть следующую тему согласно одному из выбранных вариантов:

1. Датчики давления.
2. Датчики расхода.
3. Датчики уровня.
4. Электрические двигатели.
5. Усилители.
6. Пневмодвигатели.
7. Датчики перемещения и положения.
8. Датчики температуры.
9. Гидроприводы.
10. Датчики силы.

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства от 11.08.2016г. № 1022

для набора 2013 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413;

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018г. № 413.

Программу составил:

Герасимов Сергей Николаевич, к.тех.н., доцент

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры СДМ от «__» декабря 201__ г., протокол № __

И.о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего кафедрой СДМ

К.Н. Фигура

Директор библиотеки

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией МФ от «__» декабря 201__ г., протокол № __

Председатель методической комиссии МФ

Г.Н. Плеханов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления

Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____