

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Университет (РОСБИОТЕХ)

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РОССИЙСКИЙ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (РОСБИОТЕХ)»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО МДК.02.01

«Техническое обслуживание узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем»

Уровень образования:	Среднее профессиональное образование
Специальность	15.02.10 Мехатроника и робототехника (по отраслям)
Квалификация	специалист по мехатронике и робототехнике
Форма обучения	Очная
Срок освоения образовательной программы в соответствии с ФГОС (очная форма)	2 г. 10 м. (на базе среднего общего образования)
Год начала подготовки	2026 г.
Период освоения дисциплины	3 семестр
Форма контроля	Экзамен

1. Область применения.

Фонд оценочных средств (ФОС) является неотъемлемой частью программы дисциплины при реализации программы подготовки специалистов среднего звена (ППСЗ) среднего профессионального образования (СПО) по специальности:

15.02.10 МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИКА (ПО ОТРАСЛЯМ)

Оценочные фонды разрабатываются для проведения оценки степени соответствия фактических результатов обучения при изучении дисциплины запланированным результатам обучения, соотнесенных с установленными в программе индикаторами достижения компетенций, а также сформированности компетенций, установленных программой подготовки специалистов среднего звена.

Таблица 1

Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Знать:	Уметь:	Владеть навыками (иметь практический опыт):
ПК 1.1. Выполнять сборку различных узлов мехатронных устройств и систем	Методы и средства диагностики мехатронных систем	Проводить внешний осмотр узлов и агрегатов	Навыками диагностики мехатронных систем
ПК 1.2. Выполнять снятие и установку датчиков мехатронных устройств и систем	Технические характеристики и параметры узлов и агрегатов	Выявлять внешние дефекты оборудования	Методами выявления и устранения неисправностей
ПК 1.3. Производить наладку и регулировку различных узлов и агрегатов мехатронных устройств и систем	Требования эксплуатационной документации	Проверять соответствие параметров требованиям документации	Техникой замены компонентов оборудования
ПК 1.4. Проводить настройку комплексов следящих приводов в составе мехатронных устройств и систем	Принципы работы электронных устройств управления	Контролировать работоспособность программного обеспечения	Практическими навыками настройки параметров
ПК 1.5. Выполнять установку программного обеспечения электронных и компьютерных	Особенности работы приводов и датчиков	Определять отработавшие ресурс компоненты	Методами контроля качества обслуживания
	Правила проведения технического обслуживания	Выполнять замену неисправных элементов	Навыками работы с измерительным оборудованием
	Признаки и причины возникновения неисправностей	Обновлять программное обеспечение систем	Техникой безопасности при обслуживании
	Порядок замены компонентов системы	Проводить регламентные работы	Методами профилактического обслуживания
	Методы контроля программного обеспечения	Документировать результаты обслуживания	Практическими навыками работы с документацией
	Нормы и правила техники безопасности	Оценивать качество выполненных работ	Способностью планировать техническое обслуживание

<p>модулей и узлов мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 1.6. Проводить конфигурирование и настройку программного обеспечения мехатронных устройств и систем</p> <p>ПК 1.7. Проводить конфигурирование и настройку программного обеспечения клиент-серверных систем сбора и анализа данных (промышленного интернета вещей)</p> <p>ПК 1.8. Проводить конфигурирование и настройку параметров информационной вычислительной сети мехатронной системы</p> <p>ПК 1.9. Проводить комплексную настройку мехатронных устройств и систем с использованием программного обеспечения контроллеров и управляющих электронно-вычислительных машин, их устройств управления</p>			
---	--	--	--

Цели и задачи фонда оценочных средств.

Целью ФОС является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям федерального государственного образовательного стандарта ФГОС СПО по ОПОП.

ФОС предназначен для решения задач контроля достижения целей реализации ОПОП СПО и обеспечения соответствия результатов обучения области, сфере, объектам профессиональной деятельности, области знаний и типам задач профессиональной деятельности.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Распределение часов дисциплины
по семестрам

Семестр(<Курс>.<Семестр на курсе>)	3(2.1)		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	22	22	22	22
Лабораторные	32	32	32	32
Итого ауд.	54	54	54	54
Контактная работа	54	54	54	54
Сам. работа	34	34	34	34
Итого	90	90	90	90

Задания для промежуточной аттестации с ключами ответов

№ вопроса	Формулировка тестовых заданий	Варианты ответов	Правильный ответ
1.	Что является основной целью технического обслуживания мехатронных систем?	а) Полная замена всех узлов б) Профилактика отказов и поддержание работоспособности в) Увеличение стоимости оборудования г) Сокращение времени простоя за счёт отказа от диагностики	б
2.	Какой вид обслуживания выполняется по заранее составленному графику?	а) Аварийное б) Плановое в) Оперативное г) Внеплановое	б
3.	Какой из перечисленных элементов НЕ входит в состав мехатронного модуля?	а) Датчик б) Привод в) Механическая передача г) Источник бесперебойного питания	г
4.	Какой прибор используется для диагностики электрических цепей мехатронных систем?	а) Осциллограф б) Мультиметр в) Толщиномер г) Анемометр	б
5.	Что такое «циклограмма» в	а) График нагрузки на сеть	б

	контексте мехатронных систем?	б) Временная диаграмма работы системы в) Схема подключения датчиков г) Инструкция по замене компонентов	
6.	Какой вид передачи движения чаще всего используется в робототехнике?	а) Ременная б) Цепная в) Шестерённая г) Все перечисленные	г
7.	Что означает термин «базирование» в мехатронике?	а) Настройка программного обеспечения б) Определение положения детали в системе координат в) Замена вышедшего из строя модуля г) Калибровка датчиков	б
8.	Какой из перечисленных контроллеров чаще всего используется в учебных робототехнических комплексах?	а) Arduino б) Siemens S7 в) Allen-Bradley г) Mitsubishi FX	а
9.	Что такое «плановая замена компонентов»?	а) Замена только при отказе б) Замена по истечении определённого срока или наработки в) Замена всех узлов одновременно г) Замена без документирования	б
10.	Какой документ составляется после проведения технического обслуживания?	а) Техническое задание б) Акт выполненных работ в) Инструкция по эксплуатации г) Паспорт оборудования	б
11.	Что относится к средствам диагностики механической части мехатронной системы?	а) Вибродиагностический комплекс б) Логический анализатор в) Сетевой анализатор г) Трассировщик пакетов	а
12.	Какой из принципов НЕ относится к безопасности при обслуживании мехатронных систем?	а) Использование СИЗ б) Отключение питания перед работой в) Работа в одиночку без наставника г) Соблюдение инструкций производителя	в
13.	Что такое «обратная связь» в мехатронной системе?	а) Сигнал от датчика к контроллеру б) Сигнал от контроллера к привод в) Сигнал от оператора к системе г) Сигнал о неисправности	а
14.	Какой вид технического обслуживания выполняется при обнаружении неисправности?	а) Плановое б) Внеплановое в) Профилактическое г) Регламентное	б
15.	Какой программный продукт используется для моделирования мехатронных систем?	а) AutoCAD б) MATLAB/Simulink в) Microsoft Excel г) Adobe Illustrator	б
16.	Соотнесите тип привода с его	А. Электрический привод	

	описанием:	Б. Пневматический привод В. Гидравлический привод 1. Высокая мощность, используется в тяжёлом оборудовании 2. Высокая скорость, чистота, низкая стоимость 3. Точность, простота управления, средняя мощность	1. 1А-3, Б-2, В-1
17.	Соотнесите этап технического обслуживания с его содержанием:	А. Внешний осмотр Б. Диагностика В. Регулировка 1. Проверка параметров работы системы 2. Проверка состояния узлов без разборки 3. Настройка параметров для оптимальной работы	1. А-2, Б-1, В-3
18.	Соотнесите тип неисправности с методом её устранения:	А. Механический износ Б. Программный сбой В. Электрическая неисправность 1. Замена компонента, перепрошивка контроллера 2. Замена детали, восстановление поверхности 3. Поиск обрыва, замена предохранителя	1. А-2, Б-1, В-3
19.	Соотнесите инструмент с его назначением:	А. Мультиметр Б. Динамический ключ В. Логический анализатор 1. Измерение напряжения, тока, сопротивления 2. Анализ цифровых сигналов 3. Контроль момента затяжки	А-1, Б-3, В-2
20.	Соотнесите стандарт с его областью применения:	А. ГОСТ Р 52931-2018 Б. ISO 13849 В. IEC 61131-3 Безопасность оборудования Программирование контроллеров Техническая диагностика	1. А-3, Б-1, В-2
21.	Опишите последовательность действий при проведении планового технического обслуживания робота-манипулятора.		Отключение питания, внешний осмотр, проверка креплений, диагностика датчиков и приводов, проверка ПО, тестовый запуск,

			составление акта.
22.	Назовите основные причины отказа датчиков в мехатронных системах и методы их диагностики.		Загрязнение, износ, нарушение калибровки; диагностика: визуальный осмотр, проверка сигнала, замена на заведомо исправный.
23.	Как осуществляется настройка следящего привода? Какие параметры требуют регулировки?		Настройка ПИД-регулятора, калибровка датчиков обратной связи, проверка моментов, тестирование на различных режимах.
24	Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе с гидравлическими системами мехатронных модулей?		Сброс давления, использование СИЗ, проверка герметичности, работа с технической документацией.
25.	Как документируется процесс технического обслуживания? Какие отчёты составляются и что в них включается?		Составляется акт ТО, включающий дату, перечень работ, использованные материалы, выявленные неисправности, подписи исполнителя и ответственного лица.

Примерные контрольные вопросы для экзамена:

1. Цели и задачи технического обслуживания мехатронных систем.
2. Виды технического обслуживания: плановое, оперативное, внеплановое. Их характеристика.
3. Основные этапы проведения технического обслуживания мехатронного оборудования.
4. Методы диагностики механических узлов мехатронных систем.
5. Диагностика электрических цепей в мехатронных устройствах: инструменты и методики.
6. Программная диагностика мехатронных систем: основные подходы и инструменты.
7. Типовые неисправности датчиков в мехатронных системах и способы их устранения.

8. Неисправности приводов (электрических, пневматических, гидравлических): диагностика и ремонт.
9. Правила безопасной работы при обслуживании мехатронных систем.
10. Документирование работ по техническому обслуживанию: формы и содержание отчётности.
11. Средства и инструменты, используемые при техническом обслуживании мехатронных систем.
12. Особенности обслуживания мобильных робототехнических комплексов.
13. Техническое обслуживание промышленных роботов-манипуляторов.
14. Конфигурирование и настройка программного обеспечения контроллеров мехатронных систем.
15. Профилактическое обслуживание: периодичность, содержание работ, нормативная база.
16. Принципы построения и эксплуатации мехатронных модулей движения.
17. Роль обратной связи в мехатронных системах. Диагностика цепей обратной связи.
18. Чтение и составление кинематических схем мехатронных устройств.
19. Чтение и составление структурных схем мехатронных систем.
20. Анализ циклограмм работы мехатронных систем.
21. Составление технологических карт обслуживания мехатронного оборудования.
22. Настройка следящих приводов в составе мехатронных систем.
23. Особенности обслуживания систем сбора и анализа данных (промышленный IoT).
24. Требования к квалификации специалиста по обслуживанию мехатронных систем.
25. Правовые и организационные аспекты проведения технического обслуживания и ремонта.
26. Использование отечественного и зарубежного ПО при диагностике мехатронных систем.
27. Роль нормативной документации (ГОСТ, ISO) в организации технического обслуживания.
28. Методы оценки остаточного ресурса компонентов мехатронных систем.
29. Особенности обслуживания гидравлических и пневматических систем в мехатронике.
30. Алгоритм действий при аварийном отказе мехатронной системы.

Критерии и шкалы оценивания.

Текущий контроль по дисциплине Экзамен

Оценивание обучающегося на занятиях осуществляется в соответствии с локальным актом университета (положением), регламентирующим проведение текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся и организации учебного процесса с применением балльно-рейтинговой системы оценки качества обучения.

Промежуточная аттестация по дисциплине

Форма промежуточной аттестации – .

Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, системно показана совокупность освоенных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется при помощи научного категориально-понятийного аппарата, изложен последовательно, логично, доказательно, демонстрирует авторскую позицию студента.

Оценка *«хорошо»* выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен последовательно, логично и доказательно, однако допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен научным языком. Могут быть допущены две-три ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связи между понятиями, концептуальные пересечения, структурные закономерности между различными объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при получении обучающимся оценки «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» по каждому из контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

Критерии оценки образовательных результатов обучающихся на зачете по дисциплине

Качество освоения ОПОП рейтинговые баллы	Оценка зачета, зачета с оценкой (нормативная) 5-балльной шкале	Уровень достижений в компетенций	Критерии оценки образовательных результатов
--	--	----------------------------------	---

85-100	Зачтено, отлично	5,Высокий (продвинутый)	<p>ЗАЧТЕНО, ОТЛИЧНО заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 85-100.</p> <p>При этом, на занятиях, обучающийся исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно излагал учебно-программный материал, умел тесно увязывать теорию с практикой, свободно справлялся с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, предусмотренные программой. Причем обучающийся не затруднялся с ответом при видоизменении предложенных ему заданий, правильно обосновывал принятое решение, демонстрировал высокий уровень усвоения основной литературы и хорошо знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «отлично» выставляют обучающемуся, усвоившему взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значение для приобретаемой профессии, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
--------	---------------------	----------------------------	--

70-84	Зачтено, хорошо	4, Хороший (базовый)	<p>ЗАЧТЕНО, ХОРОШО заслуживает обучающийся, обнаруживший осознанное (твердое) знание учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 70-84.</p> <p>На занятиях обучающийся грамотно и по существу излагал учебно-программный материал, не допускал существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применял теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владел необходимыми навыками и приёмами их выполнения, уверенно демонстрировал хороший уровень усвоения основной литературы и достаточное знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины.</p> <p>Как правило, оценку «хорошо» выставляют обучающемуся, показавшему систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	--------------------	-------------------------	--

60-69	Зачтено, 3, удовлетворительно	Достаточный (минимальный)	<p>ЗАЧТЕНО, УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО</p> <p>заслуживает обучающийся, обнаруживший минимальные (достаточные) знания учебно-программного материала на занятиях и самостоятельной работе. При этом, рейтинговая оценка (средний балл) его текущей аттестации по дисциплине входит в диапазон 60-69.</p> <p>На занятиях обучающийся демонстрирует знания только основного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей профессиональной работы, слабое усвоение деталей, допускает неточности, в том числе в формулировках, нарушает логическую последовательность в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических заданий и работ, знакомый с основной литературой, слабо (недостаточно) знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой.</p> <p>Как правило, оценку «удовлетворительно» выставляют обучающемуся, допускавшему погрешности в ответах на занятиях и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.</p> <p>Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).</p>
-------	-------------------------------	---------------------------	--

Менее 60	Не зачтено, 2, неудовлетворительно	Недостаточный (ниже минимального)	НЕ ЗАЧТЕНО, НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО выставляется обучающемуся, который не знает большей части учебно-программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы на занятиях и самостоятельной работе. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающемуся продемонстрировавшего отсутствие целостного представления по дисциплине, предмете, его взаимосвязях и иных компонентов. При этом, обучающийся не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на недостаточном уровне или не сформированы. Рейтинговые баллы назначаются обучающемуся с учётом баллов текущей (на занятиях) и (или) рубежной аттестации (контроле).
----------	------------------------------------	-----------------------------------	--

Промежуточная аттестация может проводиться в форме компьютерного тестирования. Обучающемуся отводится для подготовки ответа на один вопрос открытого и закрытого типа не менее 5 минут.

Итоговая оценка при проведении зачёта и экзамена выставляется с использованием следующей шкалы.

Оценка	Правильно решенные тестовые задания (%)
«отлично»	90-100
«хорошо»	66-89
«удовлетворительно»	50-65
«неудовлетворительно»	0-49

Примеры лабораторных работ

Лабораторная работа №1

Составление структурной схемы по принципиальной Изучение структурных схем АСР и назначение элементов, входящих в них

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить правила выполнения структурных схем автоматизации
2. Научиться проектировать структурные схемы автоматических систем регулирования объектов автоматизации
3. Научиться описывать структурные схемы автоматических систем регулирования

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Разработать согласно варианту (таблица 1) структурную схему автоматической системы регулирования.
2. Описать структурную схему автоматической системы регулирования.
3. Построить структурную схему автоматической системы регулирования в программе КОМПАС.
4. Оформить практическую работу.
5. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Любой проект по автоматизации технологических процессов начинается с разработки структурной схемы.

Структурная схема регулирования представляет собой набор отдельных функциональных элементов, выполненных в виде прямоугольников. Внутри прямоугольника изображается его функциональный признак.

Структуру системы можно представить по различным признакам построения, поэтому различают три вида структурных схем: алгоритмическая, функциональная и конструктивная.

Алгоритмической называют схему, где каждая часть предназначена для выполнения определенного алгоритма преобразования ее входной величины.

Функциональной называют схему, где каждый элемент выполняет определенную функцию (получение информации, ее переработка, формирование закона регулирования, усиление, преобразование и т.д.).

Конструктивной называется схема, в которой каждая часть представляет собой самостоятельное конструктивное целое.

На структурной схеме в общем случае условно показывают:

- технологические подразделения объекта управления;

- функции и технические средства их реализации;
- взаимосвязи между элементами схемы.

При разработке структурной схемы автоматического регулирования решаются следующие вопросы:

- выбор способа регулирования, при этом выбирается регулируемая величина и чем эта величина будет регулироваться (регулирующее воздействие);
- выбор задающих и корректирующих воздействий для данной системы регулирования;
- выбор комплекса технических средств, на базе которого будет реализована данная система регулирования;
- выбор необходимых средств для преобразования измерительных, задающих, корректирующих и управляющих сигналов.

В качестве примера на рисунке 1 показана простейшая система регулирования.

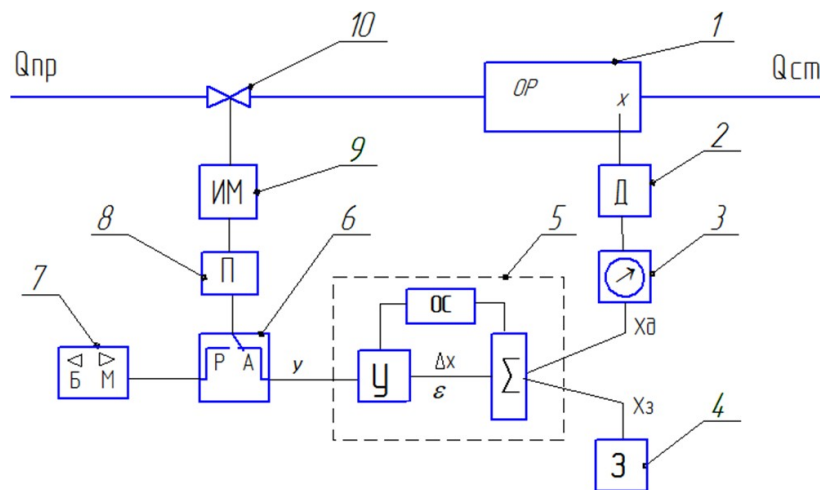


Рисунок 1 – Автоматическая система регулирования

На рисунке 1 цифрами обозначены:

- 1 - Объект регулирования – агрегат, машина, в котором должна поддерживаться регулируемая величина X . Для обеспечения технологического режима в объект подается энергия $Q_{пр}$ – приток энергии. Из объекта отводится энергия $Q_{ст}$ – сток энергии.
- 2 - Измерительное устройство (датчик) – воспринимающее регулируемую величину и преобразующее ее в сигнал, пропорциональный действительному (текущему) значению регулируемой величины – X_d .
- 3 - Показывающий (регистрирующий) прибор.
- 4 - Задающее устройство (задатчик) – выдающее сигнал, соответствующий заданному значению регулируемой величины – X_z .

1 - Регулирующее устройство (регулятор) – устройство, которое воспринимает действительное и заданное значение регулируемой величины, сравнивает их между собой, выявляет рассогласование ΔX (ε), усиливает его и вырабатывает управляющее воздействие «у» по определенному закону во времени. В общем случае регулятор состоит из суммирующего устройства "СУ", усилителя "У" и устройства обратной связи "ОС".

Суммирующее устройство выявляет рассогласование ΔX (ε), усилитель его усиливает до величины, необходимой для перемещения регулирующего органа, устройство обратной связи формирует закон регулирования во времени, т.е. управляющее воздействие: $Y=f(\Delta X, t)$.

2 - Блок ручного управления – работает в двух режимах: «А» - автоматическое регулирование и «Р» - ручное управление.

3 - Кнопки «Б-М» («больше-меньше») для ручного управления.

4 - Пускатель – преобразует управляющее воздействие «у» до величины, необходимой для привода исполнительного механизма.

5 - Исполнительный механизм, который преобразует управляющее воздействие в механическое перемещение.

6 - Регулирующий орган, который непосредственно воздействует на технологический процесс путем изменения подачи или отвода энергии. Регулирующий орган механически сочленен с исполнительным механизмом.

1 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ

Таблица 1 - Варианты практической работы

№ варианта	Задание
1	2
1	Построить и описать структурную схему АСР расхода газа, подаваемого на методическую печь
2	Построить и описать структурную схему АСР влажности дутья на доменной печи
3	Построить и описать структурную схему АСР температуры в зоне методической печи
4	Построить и описать структурную схему АСР температуры купола воздухонагревателя
5	Построить и описать структурную схему АСР температуры горна зажигания агломерационной машины

Продолжение таблицы 1

1	2
9	Построить и описать структурную схему АСР давления газа на сторону коксовой батареи
10	Построить и описать структурную схему АСР температуры в секционной печи
11	Построить и описать структурную схему АСР температуры перегретого пара в парогенераторе
12	Построить и описать структурную схему АСР уровня воды в барабане парогенератора
13	Построить и описать структурную схему АСР температуры нагревательного колодца
14	Построить и описать структурную схему АСР давления в роликовой подогревательной печи
15	Построить и описать структурную схему АСР расхода газа в трубопроводе
16	Построить и описать структурную схему АСР температуры в зоне печи
17	Построить и описать структурную схему АСР температуры в нагревательной печи
18	Построить и описать структурную схему АСР расхода кислорода на продувку кислорода конвертера
19	Построить и описать структурную схему АСР температуры в термической печи
20	Построить и описать структурную схему АСР расхода дутья в фурму доменной печи
21	Построить и описать структурную схему АСР температуры воды после бойлера
22	Построить и описать структурную схему АСР температуры перегретого пара в парогенераторе
23	Построить и описать структурную схему АСР температуры в нагревательной печи
24	Построить и описать структурную схему АСР соотношения газов на газосмесительной станции
25	Построить и описать структурную схему АСР давления в рабочем пространстве нагревательной печи

Примечание: № варианта соответствует порядковому номеру в журнале.

1 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение структурной схемы.
2. Виды структурных схем.
3. Правила построения структурных схем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Решение дифференциальных уравнений с использованием преобразования Лапласа.

Получение передаточной функции по дифференциальному уравнению

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Решить аналитическим методом и с использованием метода преобразования Лапласа неоднородные дифференциальные уравнения первого и второго порядков.
2. Научиться получать передаточную функцию по дифференциальному уравнению.

2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Решить аналитическим методом и с использованием метода преобразования Лапласа неоднородные дифференциальные уравнения первого и второго порядков.
2. Получить передаточную функцию по дифференциальному уравнению.
3. Оформить практическую работу.
4. Ответить на контрольные вопросы.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Части структурной схемы называют звеньями, каждое из которых отображает алгоритм преобразования сигнала – математическую или логическую операцию. На структурных схемах звенья изображают прямоугольниками, внутри которых записывают соответствующие операторы преобразования сигналов. Прямоугольники соединяют линиями, отображающими информационные сигналы взаимодействия звеньев, с указанием направлений этих сигналов, как показано на рисунке 1.



Рисунок 1 – Звено системы автоматического регулирования

Звено системы может являться техническим устройством любой физической природы, конструкции и назначения. Входная $x(t)$ и выходная $y(t)$ величины соответствуют физическим величинам, выражающим воздействие предыдущего звена на данное звено и воздействие данного звена на последующее.

В зависимости от физических свойств различают **статические** и **динамические элементарные звенья**.

У **статического звена** мгновенное значение выходного сигнала зависит только от мгновенного значения входного сигнала в данный момент и не зависит от характера изменения

входного сигнала во времени. Связь между входным и выходным сигналами статического звена обычно описывается алгебраической функцией.

Динамическое звено преобразует входной сигнал в соответствии с операциями интегрирования и дифференцирования во времени. Значение выходного сигнала динамического звена зависит не только от текущего значения входного сигнала, но и от его предыдущих значений, т. е. характера изменения входного сигнала. Динамические звенья описываются дифференциальными уравнениями.

Уравнения динамических звеньев.

Составление уравнения динамики каждого звена системы является предметом соответствующей конкретной области технических наук: электротехники, теплотехники, динамики полета и т. п., к которым и следует каждый раз обращаться. Допустим, что в результате составления уравнения динамики какого-нибудь конкретного звена получилось следующее линейное дифференциальное уравнение:

$$\frac{y(t)}{a_0} + a_{n-1} \frac{y^{(n-1)}(t)}{a_0} + \dots + a_1 \frac{y'(t)}{a_0} + y(t) = b_0 u(t) + b_1 u'(t) + \dots + b_n u^{(n)}(t)$$

Решение дифференциальных уравнений значительно упрощается при использовании операционного преобразования Лапласа. При этом каждой временной функции $x(t)$ или $y(t)$ соответствует функция $X(p)$ или $Y(p)$ (комплексной переменной $p = \sigma + j\omega$, где p – оператор преобразования Лапласа).

Преобразование Лапласа выполняется в соответствии с формулой:

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt,$$

где $f(t)$ – оригинал функции;

$F(p)$ – изображение функции по Лапласу. Переход от оригинала к изображению называется прямым преобразованием Лапласа и имеет символическую запись:

$$F(p) = \{ f(t) \}.$$

Переход от изображения к оригиналу называется обратным преобразованием Лапласа и имеет символическую запись:

$$f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(p)\}.$$

На практике прямое и обратное преобразования осуществляются по таблицам изображений типовых функций.

Таблица 1 – Таблица основных преобразований Лапласа

Оригинал	Изображение
1	$\frac{1}{p}$
t	$\frac{1}{p^2}$
t^2	$\frac{2}{p^3}$
$t^n, n \in N$	$\frac{n!}{p^{n+1}}$
$e^{\lambda t}$	$\frac{1}{p - \lambda}$
$te^{\lambda t}$	$\frac{1}{(p - \lambda)^2}$
$t^n e^{\lambda t}, n \in N$	$\frac{n!}{(p - \lambda)^{n+1}}$
$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{p^2 + \omega^2}$
$\cos \omega t$	$\frac{p}{p^2 + \omega^2}$
$t \sin \omega t$	$\frac{2p\omega}{(p^2 + \omega^2)^2}$
$t \cos \omega t$	$\frac{p^2 - \omega^2}{(p^2 + \omega^2)^2}$
$sh \omega t$	$\frac{\omega}{p^2 - \omega^2}$
$ch \omega t$	$\frac{p}{p^2 - \omega^2}$
$e^{\lambda t} \sin \omega t$	$\frac{\omega}{(p - \lambda)^2 + \omega^2}$
$e^{\lambda t} \cos \omega t$	$\frac{p - \lambda}{(p - \lambda)^2 + \omega^2}$

Использование преобразования Лапласа для решения дифференциальных уравнений упрощает решение, благодаря тому, что в области комплексного переменного дифференциальное уравнение преобразуется в алгебраическое, а оригиналы найденного решения легко определяются.

Решение дифференциального уравнения с применением преобразования Лапласа складывается из трех этапов:

- 1) преобразование уравнения по Лапласу с использованием правила дифференцирования;
- 2) отыскание решения в области комплексного переменного;
- 3) переход в область действительного переменного путем обратного преобразования по Лапласу функции и отыскание ее оригинала.

Передаточная функция звена.

Применив преобразование Лапласа к дифференциальному уравнению:

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) = b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_0 x(t),$$

получим

$$a_n p^n Y(p) + a_{n-1} p^{n-1} Y(p) + \dots + a_1 p Y(p) + a_0 Y(p) = \\ = b_m p^m X(p) + b_{m-1} p^{m-1} X(p) + \dots + b_1 p X(p) + b_0 X(p),$$

Если вынести общие множители $Y(p)$ и $X(p)$, имеем:

$$Y(p)(a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0) = X(p)(b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0).$$

Передаточной функцией звена $W(p)$ называется отношение изображений Лапласа выходной и входной величин звена при нулевых начальных условиях т. е.:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}$$

или

$$W(p) = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + \dots + a_1 p + a_0}$$

Между дифференциальными уравнениями и передаточными функциями существует однозначная связь. Сравнивая последнее выражение с дифференциальным уравнением звена, видно, что формально передаточную функцию звена можно составлять как отношение операторных многочленов правой и левой частей уравнения звена. И наоборот, зная передаточную функцию, легко написать его уравнение, имея в виду, что числитель передаточной функции соответствует правой части уравнения, а знаменатель передаточной функции – левой части уравнения.

В теории автоматического регулирования принято приводить уравнение звена к стандартному виду, когда свободный член равен единице:

$$W(p) = \frac{b_0}{a_0} \cdot \frac{B_m p^m + B_{m-1} p^{m-1} + \dots + B_1 p + 1}{A_n p^n + A_{n-1} p^{n-1} + \dots + A_1 p + 1} = k \cdot \frac{B_m(p)}{A_n(p)}$$

где через $A_n(p)$ и $B_m(p)$ обозначены многочлены относительно p с коэффициентами 1 в младших членах, причем степень $B_m(p)$, как правило, ниже степени $A_n(p)$, т. е. $m < n$;

$$k = \frac{b_0}{a_0} - \text{коэффициент усиления звена.}$$

Пример 1:

Пусть звено описывается дифференциальным уравнением:

$$T_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + T_1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$$

В операторной форме уравнение имеет вид

$$Y(p)(T_2 p^2 + T_1 p + 1) = kX(p)$$

Откуда передаточная функция звена

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{k}{T_2 p^2 + T_1 p + 1}$$

Пример 2:

Решим обратную задачу – найдем по передаточной функции дифференциальное уравнение.

Пусть передаточная функция имеет вид:

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{k}{Tp + 1}$$

откуда

$$Y(p)(Tp + 1) = kX(p)$$

$$TpY(p) + Y(p) = kX(p)$$

Учитывая, что $p = \frac{d}{dt}$ (формальное операционное соответствие), получим:

$$T \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = kx(t)$$

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какого вида уравнениями описывается поведение САР в процессе функционирования?
2. Каковы этапы аналитического решения неоднородных дифференциальных уравнений?
3. Для чего служит преобразование Лапласа?
4. Запишите формулы перехода от оригинала к изображению по Лапласу и обратно.
5. Каковы этапы решения дифференциальных уравнений с применением преобразования Лапласа?