

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Управление в биотехнических системах

**Код модуля**  
1143911(1)

**Модуль**  
Биомедицинская электроника

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Иванов Владимир Юрьевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Директор	Физико-технологический

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

Авторы:

- Иванов Владимир Юрьевич, Директор института,

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Управление в биотехнических системах**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Коллоквиум	1
		Отчет по лабораторным работам	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Управление в биотехнических системах**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4 -Способен разрабатывать элементы технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	3-1 - Описать области фундаментальных, инженерных и других наук, освоенных за время обучения, знания которых используются при разработке заданных элементов технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений 3-3 - Характеризовать роль экономических, экологических, социальных ограничений в разработке элементов	Коллоквиум Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Экзамен

	<p>технических объектов, систем и технологических процессов</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента</p> <p>технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>У-1 - Оценить взаимосвязь разрабатываемого элемента с техническим объектом, системой или технологическим процессом в целом</p> <p>У-3 - Использовать информационные технологии для моделирования, расчета и проектирования элемента технического объекта, системы или технологического процесса</p>	
<p>ПК-7 -Способен проводить поверку, наладку и регулировку оборудования, организовывать метрологическое обеспечение производства деталей, компонентов и узлов биотехнических систем, биомедицинской и экологической техники (Биотехнические системы и технологии)</p>	<p>З-2 - Перечислять основные параметры функционирования биотехнических систем, биомедицинской и экологической техники в соответствии с имеющейся технической документацией</p> <p>П-1 - Разрабатывать план технического обслуживания и перечень работ, направленных на выполнение ремонта, настройки, поверки характеристик биомедицинской и экологической техники</p> <p>У-3 - Определять основные параметры функционирования биомедицинской и экологической техники для установления соответствия имеющейся технической документации</p>	<p>Коллоквиум</p> <p>Контрольная работа</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Отчет по лабораторным работам</p> <p>Экзамен</p>

### **3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	7,9	80
<i>блиц-опросы</i>	7,8	20
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.40</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	7,16	60
<i>выполнение лабораторных работ</i>	7,16	10
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,16	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– <b>не предусмотрено</b>		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – <b>не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия	Шкала оценивания

	<b>оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Типовые звенья систем автоматического управления (регулирования).
2. Устойчивость систем автоматического управления (регулирования). Оценки качества работы системы.
3. Коррекция систем автоматического управления (регулирования)
4. Настройка ПИД-регулятора системы автоматического управления (регулирования по передаточной функции объекта управления.
5. Биологическая обратная связь.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

## Базовый

### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Построение переходных характеристик системы автоматического регулирования.

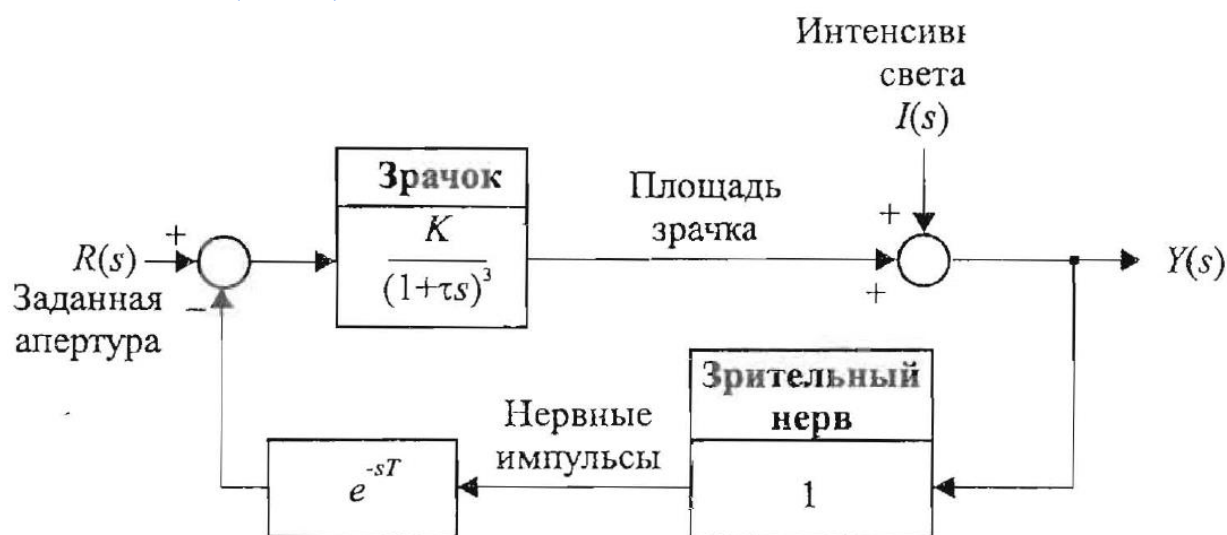
Определение запасов устойчивости.

2. Определение критических параметров устойчивой системы автоматического регулирования

3. Выбор параметров звеньев системы автоматического регулирования по показателям качества

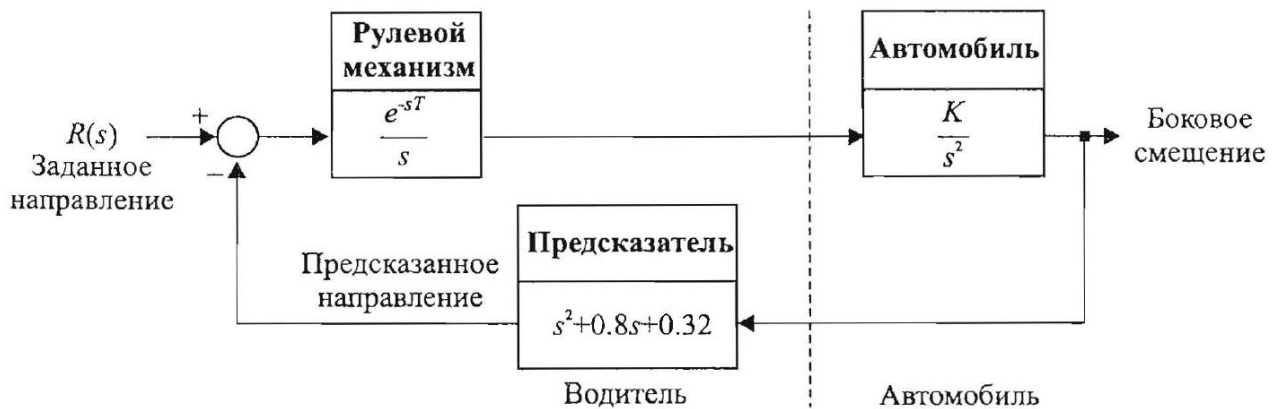
Примерные задания

Для системы, приведенной на рисунке, определить время переходного процесса реакции глаза на ступенчатое изменение интенсивности света в случаях: (1) отсутствия запаздывания реакции глаза и (2) когда присутствует запаздывание  $T=0.1$  с. Для обоих случаев привести запас устойчивости по фазе биологической системы с обратной связью. В расчетах использовать значения  $K=4$ ,  $\tau=0.5$ . Для звена чистого транспортного запаздывания использовать при расчетах в среде MathCad следующую модель приближения:  $e^{-sT} \approx 1/(1+s\tau/n)^n$ .

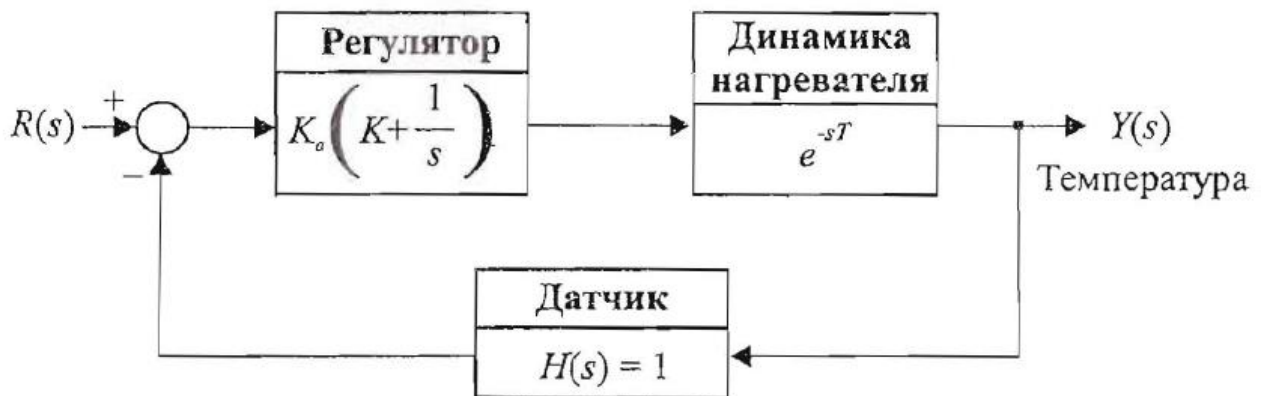


Для приведенной на рисунке биотехнической системы (водитель, пытающийся изменить направление движения автомобиля) определить критическое время запаздывания реакции водителя  $T$ , при превышении которого система потеряет устойчивость. Принять  $K=5.3$ . Для звена чистого транспортного запаздывания использовать при расчетах в среде MathCad следующую модель приближения:  $e^{-sT} \approx 1/(1+s\tau/n)^n$ .





При 3D-печати имитаторов человеческих органов из полиматериалов для подготовки хирурга к сложной операции возникает необходимость регулировать температуру термосола принтера. Структурная схема предназначенной для этого системы приведена на рисунке. Динамика индукционного нагревателя представлена постоянной времени  $T = 1.2$  с. Для представленной системы: (1) исследуйте устойчивость системы (определите запасы по амплитуде и фазе) в случае  $K = K_a = 1$ , (2) считая  $K=1$ , определите значение  $K_a$ , обеспечивающий запас по фазе 50 градусов, (3) постройте переходную характеристику процесса для установленного  $K_a$ :



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Коллоквиум

Примерный перечень тем

1. Типовые звенья систем автоматического управления (регулирования). Передаточная функция системы.
2. Устойчивость систем автоматического управления (регулирования). Запасы устойчивости.
3. Ошибки динамического и статического режимов переходного процесса систем автоматического управления (регулирования).
4. Определения критических параметров и построение областей устойчивости системы автоматического управления (регулирования).

Примерные задания

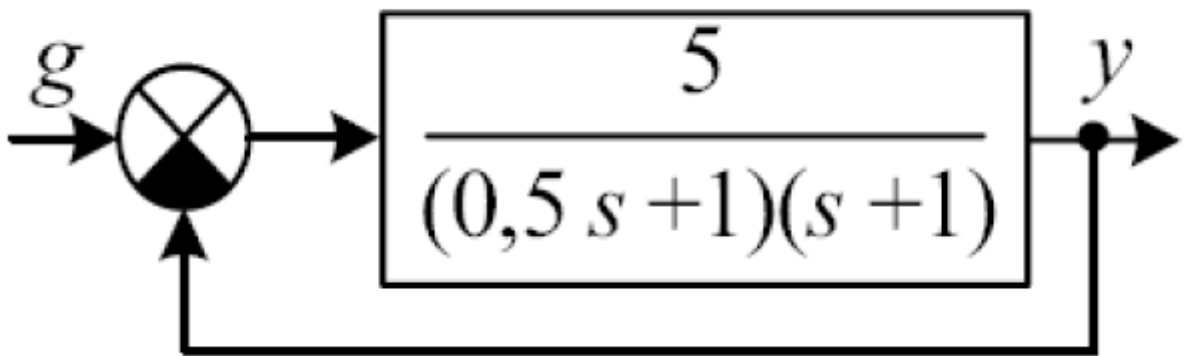
Дана система управления температурой в инкубаторе для новорожденных, состоящая из последовательно включенных усилителя сигнала разбаланса ( $K_u$ ), пропорционального регулятора ( $K_p$ ), усилителя мощности ( $K_m$ ), нагревательного элемента ( $K_n$ ) и термопары ( $K_{тп}$ ), сигнал ЭДС которой сравнивается с уровнем задающего температуру напряжения

(система с единичной отрицательной обратной связью). Задано:  $K_u=900$ ,  $K_m=10$ ,  $K_p=1,5$  град/В,  $K_{тп}=6 \times 10^{-5}$  В/град,  $T_p=400$  с,  $T_{тп}=1$  с. Определить при каких значениях коэффициента  $K_r$  регулятора переходный процесс в системе будет колебательным. При описании нагревательной печи и термопары считать, что они описываются моделью апериодического звена первого порядка.

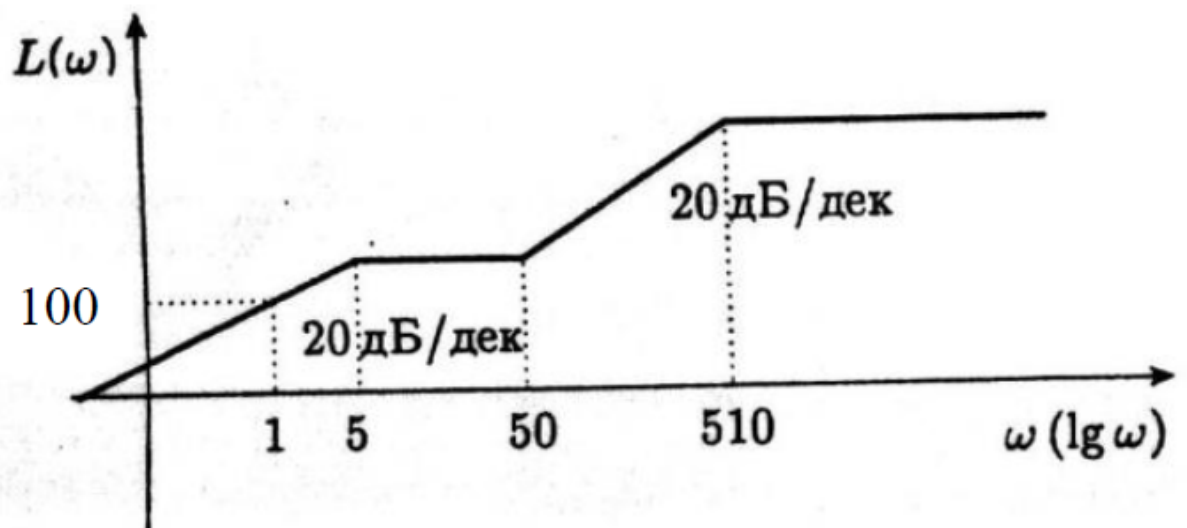
По заданной передаточной функции разомкнутого контура определить область устойчивости замкнутой системы с отрицательной единичной обратной связью:

$$W(s) = \frac{k}{(100 \cdot s + 1)^2 (0.1s + 1)}$$

Чему равно установившееся значение ошибки в системе автоматического управления, если  $g(t) = 2 \cdot t$ :



Постройте асимптотическую ЛАЧХ для системы, представленной передаточной функцией:



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Типовые звенья систем автоматического управления (регулирования).

2. Устойчивость систем автоматического управления (регулирования).
3. Улучшение параметров систем автоматического управления подбором звена последовательной коррекции.
4. Подбор параметров ПИД-регулятора для заданного объекта регулирования.
5. Биологическая обратная связь.

Примерные задания

Построить амплитудно-фазовую (АФХ), логарифмические амплитудо- и фазочастотные (ЛАЧХ и ЛФЧХ) и переходную характеристики для следующих типовых звеньев: интегрирующего, аperiodического первого порядка, аperiodического второго порядка.

Построить амплитудно-фазовую (АФХ), логарифмические амплитудо- и фазочастотные (ЛАЧХ и ЛФЧХ) и переходную характеристики для составного (интегро-дифференцирующего) звена.

Изучить с построением амплитудно-фазовой (АФХ), логарифмических амплитудо- и фазочастотных (ЛАЧХ и ЛФЧХ) и переходной характеристик коррекцию динамических свойств аperiodического звена жесткой ( $W_{oc}=k1$ ) и гибкой ( $W_{oc}=k1*s$ ) отрицательной обратной связью.

Построить амплитудно-фазовую (АФХ), логарифмические амплитудо- и фазочастотные (ЛАЧХ и ЛФЧХ) и переходную характеристики для частотно-компенсированного фильтра с заданными параметрами.

Определить с помощью критерия Найквиста устойчивость системы с единичной обратной связью, запасы устойчивости по амплитуде и фазе, если ее разомкнутый контур представлен передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k \cdot (T_5 \cdot s + 1)}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1) \cdot (T_3 \cdot s + 1) \cdot (T_4 \cdot s + 1)}$$

Определить (1) запасы устойчивости по модулю и фазе, (2) показатели качества замкнутой системы с единичной обратной связью, представленной передаточной функцией разомкнутого контура:

Для системы, представленной передаточной функцией разомкнутого контура определить области критических коэффициентов  $k$  устойчивости системы. Построить переходные процессы для различных областей, определить в каком случае запас устойчивости по фазе будет больше. Выполнить прямые оценки показателей качества в случае максимального запаса устойчивости:

$$W(s) = \left( \frac{T_1 \cdot s + 1}{T_2 \cdot s + 1} \right)^2 \cdot \frac{k}{s^3}$$

Произвести динамический синтез следящей системы (определить передаточную характеристику корректирующего звена) по следующим качественным показателям: максимальная ошибка слежения  $E_{max}$  [град], максимальной скорости слежения  $V_{max}$  [град/с], максимальном ускорении  $A_{max}$  [град/с<sup>2</sup>]. Запас устойчивости по фазе оценить

исходя из неперевышения показателем колебательности уровня  $M$ . Передаточная функция исходной системы имеет вид  $W(s)=K\Omega/s*(1+0.1*s)$ .

Произвести выбор последовательного корректирующего контура для системы автоматического регулирования, разомкнутый контур которой имеет вид  $W(s)=K\Omega/(s*(1+0.1*s)*(1+0.02*s)*(1+0.01*s)*(1+0.05*s))$ . Скорректированная система должна обладать астатизмом первого порядка и удовлетворять следующим показателям качества: коэффициент ошибки по скорости  $E_v$  [с]; коэффициент ошибки по ускорению  $E_A$  [с<sup>2</sup>]; перерегулирование при единичном входном воздействии не более  $\sigma$  [%]; время регулирования не более  $t_{reg}$  [с] при числе колебаний не более двух.

Произвести выбор последовательного корректирующего контура для системы автоматического регулирования, разомкнутый контур которой имеет вид  $W(s)=K\Omega/(s*(1+0.04*s)*(1+0.01*s)*(1+0.002*s))$ . Следящая система должна иметь астатизм второго порядка, общий коэффициент усиления по ускорению более  $K\Omega$  [с<sup>-2</sup>], перерегулирование не более  $\sigma$  [%] и время регулирования  $t_{reg}$  [с].

Рассчитать по методу Циглера–Никольса  $k_p$  П-регулятора. Пронаблюдать реакцию системы на ступенчатое изменение возмущения  $z(t) = 1(t)$ . Определить степень устойчивости системы. Определить показатели качества: 1) статическую ошибку; 2) максимальное отклонение регулируемой величины; 3) время регулирования.

Рассчитать по методу Циглера–Никольса значения коэффициентов передачи ПИ-регулятора. Пронаблюдать реакцию системы на ступенчатое изменение возмущения  $z(t) = 1(t)$ . Определить степень устойчивости системы. Определить показатели качества: 1) статическую ошибку; 2) максимальное отклонение регулируемой величины; 3) время регулирования.

Рассчитать по методу Циглера–Никольса коэффициентов передачи ПИД-регулятора. Пронаблюдать реакцию системы на ступенчатое изменение возмущения  $z(t) = 1(t)$ . Определить степень устойчивости системы. Определить показатели качества: 1) статическую ошибку; 2) максимальное отклонение регулируемой величины; 3) время регулирования.

Сравнить показатели качества процессов регулирования в системах в П-, ПИ- и ПИД-регуляторами и сделать выводы. Изменяя значения коэффициентов передачи ПИД-регулятора в сторону уменьшения и увеличения, найти такие их значения, которые обеспечивают лучшее качество процесса управления. Объяснить полученный результат.

Выполнить процедуру калибровки установки  $\text{Віорас Student Lab}$ . (коэффициент усиления, отклонение, масштабирование).

Концентрируясь на значениях данных о частоте сердечных сокращений (ЧСС) и возбуждении (ЭДА), отображаемых на мониторе, пытаться целенаправленно изменить их без физического движения.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. История. Основные понятия теории автоматического управления. Понятие обратной связи.

2. Основные принципы построения систем автоматического управления (регулирования). Классификация систем автоматического управления.
3. Математическое описание систем управления (регулирования). Метод переменных «вход-выход». Операторный метод Лапласа. Свойства преобразования Лапласа.
4. Передаточная функция системы автоматического управления (регулирования).
5. Типовые воздействия. Переходная характеристика. Импульсная переходная характеристика. Частотные функции и их характеристики. АЧХ. ФЧХ. АФЧХ. Логарифмическая форма представления частотных характеристик: ЛАЧХ, ЛФЧХ.
6. Типовые звенья систем автоматического управления (регулирования). Свойства типовых звеньев.
7. Правила для анализа систем. Последовательное соединение. Параллельное соединение. Обратная связь.
8. Устойчивость систем автоматического управления (регулирования). Необходимое и достаточное условие устойчивости.
9. Критерии устойчивости. Критерий Гурвица. Критерий Найквиста. Запасы устойчивости.
10. Качество работы систем автоматического управления (регулирования). Основные показатели качества. Показатели качества в переходном режиме. Прямые и косвенные показатели качества. Показатели качества в установившемся режиме.
11. Особенности структурной организации и управления биосистем. Стабилизирующие функции биологических систем.
12. Терморегуляция. Система управления кровообращением. Система стабилизации величины зрачка глаза.
13. Следящие системы живых организмов. Система зрительного слежения. Координация следящих движений. Следящая система «человек-оператор».
14. Механизмы программной регуляции в биологических объектах. Запрограммированные действия в двигательной системе. Программы наследственности и субклеточных структур.
15. Адаптивные системы и процессы в биологии. Биологические процессы адаптации. Филогенез. Онтогенез. Физиологические адаптации. Биохимические адаптации. Целесообразное поведение. Адаптивные механизмы органов чувств.
16. Биологическое управление. Биоэлектрическое управление. Использование для целей управления: ЭМГ, ЭКГ, ЭЭГ.
17. Адаптивное биоуправление (биологическая обратная связь).  
LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для	Технология формирования уверенности и готовности к	ПК-7	3-2	Коллоквиум Контрольная работа Экзамен

	использования в практических целях	самостоятельной успешной профессиональ ной деятельности			
--	--	--	--	--	--