

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Оптимальное управление**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цой В.Э.
	Идентификатор	Rd9d3a9dd-TsoyVE-b05eb4b4

В.Э. Цой

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

Е.В. Позняк

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883d

И.В.
Меркурьев

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-14 способностью проектировать машины и конструкции с учетом требований обеспечения их прочности, устойчивости, долговечности и безопасности, обеспечения надежности и износостойкости узлов и деталей машин

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. КМ 1 (Контрольная работа)
2. КМ 2 (Контрольная работа)
3. КМ 3 (Контрольная работа)

БРС дисциплины

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
	Срок КМ:	4	8	15
Введение в теорию управления				
Введение в теорию управления		+		
Математические модели систем управления				
Описание и анализ систем управления в частотном пространстве			+	
Описание и анализ систем управления в пространстве состояния			+	
Оптимальное управление				
Оптимальный регулятор				+
Линейно-квадратичный регулятор				+
Вес КМ:		20	40	40

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	2	4	9	15
Ознакомление с заданием и методическими указаниями на курсовую работу		+			
Текущий ход выполнения курсовой работы			+	+	+
Вес КМ:		10	30	30	30

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-14	ПК-14(Компетенция)	Знать: состав и понятие функциональной схемы системы управления основы оптимального управления Уметь: разрабатывать функциональные схемы систем управления разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором	КМ 1 (Контрольная работа) КМ 2 (Контрольная работа) КМ 3 (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. КМ 1

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в аудитории в течение 2 ак.ч.

Краткое содержание задания:

Разработать функциональную схему системы управления.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основы оптимального управления	1.Замкнутые и разомкнутые системы управления. Дайте определение и приведите примеры 2.Отрицательная и положительная обратная связь. Дайте определение и приведите примеры
Знать: состав и понятие функциональной схемы системы управления	1. Дайте определение системы автоматического управления. Какие компоненты должны обязательно входить в состав системы управления?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-2. КМ 2

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

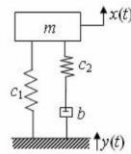
Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в аудитории в течение 2 ак.ч.

Краткое содержание задания:

Подбор параметров амортизатора вилки горного велосипеда

Расчетная схема передней вилки горного велосипеда представлена на рисунке. Масса велосипеда и велосипедиста $m = 100$ кг. Амортизатор состоит из двух пружин жесткостью $c_1 = 300$ Н/м и $c_2 = 100$ Н/м и демпфера с настраиваемым коэффициентом демпфирования b .



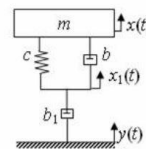
1. Получить уравнение движения системы и передаточную функцию, считая, что входным параметром системы является профиль дороги $y(t)$, а выходным – перемещение $x(t)$.
2. Построить график зависимости максимальной амплитуды выхода от коэффициента b . При каком значении b амплитуда колебаний велосипедиста будет минимальной? Принять профиль дороги за гармоническую функцию с постоянной амплитудой.
3. Проследить, как величина b влияет на собственную частоту системы.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разрабатывать системы с оптимальным линейно-квадратичным регулятором

Анализ частотного фильтра

Частотный фильтр состоит из инерционного элемента массой $m = 1$ кг, упругого элемента с жесткостью $c = 100$ Н/м, и двух настраиваемых демпферов b и b_1 , расчетная схема фильтра показана на рисунке.

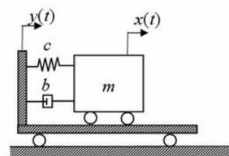


1. Получить уравнение движения системы и передаточную функцию, считая, что входом системы является перемещение основания $y(t)$, а выходом – перемещение массы $x(t)$.
2. Поэкспериментировать с различными соотношениями параметров вязкого сопротивления демпферов b и b_1 , жесткости c , анализируя результат с помощью диаграммы Боде. Как при этом меняется частотный диапазон, на котором фильтр усиливает входной сигнал?
3. Сделать вывод о том, как влияет соотношение параметров вязкого сопротивления b и b_1 на свойства частотного фильтра.

2.Подобрать параметры транспортного виброизолятора

Подбор параметров транспортного виброизолятора

Расчетная схема транспортного виброизолятора показана на рисунке. Масса груза $m = 100$ кг, силы трения не учитывать.



1. Записать уравнение состояния системы.
2. Подобрать жесткость пружины c и коэффициент демпфирования b так, чтобы перерегулирование не превышало 10%, а время установления не превышало 3 с.
3. Проиллюстрировать результаты на переходной характеристике.
4. Смоделировать систему с выбранными параметрами в виде передаточной функции в Simulink. На вход подать возмущения, соответствующие:
 - а) торможению тележки

$$y(t) = y_0 \exp(-\beta t);$$

- б) разгону с последующим торможением

$$y(t) = y_0 \exp(-\beta t),$$

где $\beta = 0,2 \text{ с}^{-1}$, $y_0 = 10 \text{ м}$.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-3. КМ 3

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа проводится в аудитории в течение 2 ак.ч.

Краткое содержание задания:

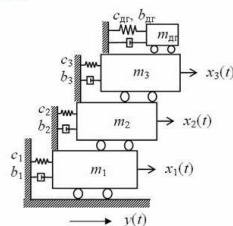
Настройка динамического гасителя для снижения сейсмических нагрузок на здание

Трехэтажное здание, расчетная схема которого изображена на рисунке, имеет известные вязко-упругие и инерционные характеристики:

$$\begin{array}{lll} m_1 = 10,914, & m_2 = 11,213, & m_3 = 11,213, \text{ тонн;} \\ b_1 = 0,93, & b_2 = 1,131, & b_3 = 1,131, \text{ (кН·с)/м;} \\ c_1 = 3300, & c_2 = 3300, & c_3 = 5450, \text{ кН/м.} \end{array}$$

Величина допускаемого поэтажного сдвига равна 5 см. Здание оснащено динамическим гасителем, масса которого не должна превышать 1% от общей массы здания.

1. Вывести уравнение состояния модели здания с пассивным динамическим гасителем и без него.
2. Подобрать параметры пассивного динамического гасителя, настроив его на низшую частоту собственных колебаний. Проанализировать системы с гасителем и без него с помощью диаграммы Боде, сделать выводы об эффективности динамического гасителя.



3. Найти матрицу канонического преобразования и записать уравнения состояния в канонической форме. Сравнить собственные значения матрицы A с резонансными частотами. Что можно сказать об управляемости и наблюдаемости системы?
4. Попробуйте настроить гаситель на вторую собственную частоту. Проанализируйте результат.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: разрабатывать функциональные схемы систем управления	1. Задана структурная схема системы управления. 1. Устойчива ли она в разомкнутом состоянии? 2. Пользуясь диаграммой Найквиста для разомкнутой системы, подобрать значения коэффициента K, при которых соответствующая замкнутая система будет устойчивой, неустойчивой и находиться на границе
---	---

	устойчивости (если это возможно). Для устойчивой замкнутой системы найти запасы устойчивости по модулю и фазе. 3. Проиллюстрировать результаты на переходных характеристиках (ПХ) системы в разомкнутом и замкнутом состоянии для найденных значений K и сделать выводы. I. Система управления вертикальным положением лифта 2. Подобрать значения коэффициента K, при которых замкнутая система будет устойчивой, неустойчивой и находиться на границе устойчивости (если это возможно). Для устойчивых замкнутых систем найти запасы устойчивости по модулю и фазе. III. Управление углом крена самолета
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

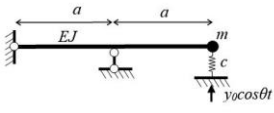
Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

ФГБОУ «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Кафедра РМДиПМ Направление 15.03.03 – Прикладная механика Дисциплина «Тепло-и массообмен» ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ		Утверждаю Зав. каф. РМДиПМ «__» октября 20__ г.
	1. Преобразование Лапласа, основные свойства. 2. Определить передаточную функцию системы. Вход – кинематическое возбуждение, выход – перемещение массы.	
3. Дать определение преобразования Лапласа, перечислить основные свойства.		

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме. На подготовку ответа отводится 60 минут.

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ПК-14(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Понятие задачи оптимального управления
2. Постановка задачи оптимального управления
3. Классификация задач оптимального управления
4. Принцип максимума для линейных объектов управления. Теорема об n-интервалах
5. Необходимые условия оптимальности для непрерывных систем
6. Понятие функционала
7. Вариация аргумента функционала
8. Непрерывность и дифференцируемость функционала
9. Необходимое условие экстремума функционала
10. Задача оптимизации дискретных многошаговых процессов

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Отношение преобразования Лапласа $X(s)$ сигнала $x(t)$ на выходе к преобразованию Лапласа $Y(s)$ сигнала на входе $y(t)$ вида называется ...

Ответы:

1. передаточной функцией системы управления 2. переходной функцией 3. динамической жесткостью

Верный ответ: 1

2. Наличие "правых" полюсов передаточной функции свидетельствует о...

Ответы:

1. устойчивости системы 2. неустойчивости системы 3. о том, что система находится на границе устойчивости

Верный ответ: 2

3. Диаграмма Боде - это...

Ответы:

1. Переходная характеристика системы 2. Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика системы 3. АЧХ

Верный ответ: 2

4. В стандартной форме записи уравнений в пространстве состояния матрица A - это...

Ответы:

1. матрица управления 2. матрица состояния 3. матрица выходных параметров

Верный ответ: 2

5. Переходной характеристикой (ПХ) системы называется ...

Ответы:

1. реакция системы на единичное ступенчатое воздействие при нулевых начальных условиях 2. реакция системы на единичное импульсное воздействие при нулевых начальных условиях 3. реакция системы на гармоническое воздействие

Верный ответ: 1

6. Траекторию корней характеристического уравнения системы на комплексной плоскости при изменении какого-либо её параметра называют...

Ответы:

1. диаграммой Найквиста 2. корневым годографом 3. годографом Михайлова

Верный ответ: 2

7. Полуактивный динамический гаситель представляет собой ...

Ответы:

1. пассивный динамический гаситель с активным элементом 2. линейно-квадратичный регулятор 3. устройство из инерционного и упруго-вязкого элемента

Верный ответ: 1

8. Решение уравнения Риккати - это матрица...

Ответы:

1. канонического преобразования 2. перехода 3. коэффициентов усиления оптимального линейно-квадратичного регулятора

Верный ответ: 3

9. Настроенное соотношение пассивного динамического гасителя - это ...

Ответы:

1. оптимальное демпфирование динамического гасителя 2. жесткость упругого элемента, при которой объект виброзащиты находится в режиме антирезонанса 3. ограничение на массу динамического гасителя

Верный ответ: 2

10. Годограф Найквиста-Михайлова - это...

Ответы:

1. корневой годограф 2. годограф замкнутой системы 3. годограф разомкнутой системы

Верный ответ: 3

11. Как называется задача оптимального управления с интегральным функционалом при отсутствии ограничений на управление и переменные состояния?

Ответы:

1. Лагранжа

2. Больца

3. Майера

4. Быстродействия

Верный ответ: 1

12. Какие ограничения на управление и переменные состояния называются безусловными?

Ответы:

- 1 уравнения связи
- 2 уравнения сопряженного состояния
- 3 интегральные ограничения
- 4 дифференциальные ограничения

Верный ответ: 1

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Для курсового проекта/работы:

2 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Защита проходит в виде беседы с преподавателями, в ходе которой студент представляет законченный оформленный отчет по курсовой работе и отвечает на вопросы по проделанной работе и полученным результатам

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу