

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретической и прикладной информатики
Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПИИ
д.т.н. Тимофеев В. С.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Математическое моделирование управляемых систем

Образовательная программа: 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль:
Компьютерное моделирование и информационные технологии

Курс: 4, семестр : 7

Факультет прикладной математики и информатики,

		Семестр
№	Вид деятельности	7
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	102
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	54
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	15
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	10
10	Самостоятельная работа, час.	42
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

ФГОС введен в действие приказом №228 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 14.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТПИ, протокол заседания кафедры №4 от 20.06.2017

ПМт, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета прикладной математики и информатики, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, д.т.н. Чубич В. М.

Заведующий кафедрой:

доцент, д.т.н. Чубич В. М.

профессор, д.т.н. Соловейчик Ю. Г.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Соловейчик Ю. Г.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь анализировать математические модели
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат; в части следующих результатов обучения:
з5. знать методы моделирования управляемых систем
у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Математическое моделирование управляемых систем</i>	
ПК.2.з5 знать методы моделирования управляемых систем	
1.о признаках классификации систем автоматического управления (САУ);	Лекции; Самостоятельная работа
2.о задачах теории автоматического управления (ТАУ);	Лекции; Самостоятельная работа
3.о логарифмических частотных характеристиках;	Лекции; Самостоятельная работа
4.об основных видах и характеристиках типовых нелинейных элементов;	Лекции; Самостоятельная работа
5.об алгоритмах адаптивной фильтрации при параметрической априор-ной неопределенности.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
6.фундаментальные принципы управления;	Лекции; Самостоятельная работа
7.основные свойства преобразования Лапласа;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
8.частотные и временные характеристики САУ;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
9.основные правила преобразования структурных схем и графов прохождения сигналов;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
10.элементы теории устойчивости линейных стационарных САУ;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
11.методы линеаризации нелинейных САУ;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
12.математический аппарат, использующийся при описании САУ в пространстве состояний;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
13.способы исследования управляемости и наблюдаемости линейных САУ;	Лекции; Самостоятельная работа
14.основы теории оценивания состояний стохастических дискретных систем.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.у2 уметь применять основные математические методы при построении моделей	
15.решать линейные дифференциальные уравнения с постоянными коэффициентами методами операционного исчисления;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
16.определять и изображать частотные и временные функции динамических элементов;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

17.преобразовывать различные типы соединения элементов САУ, осуществлять переносы узлов суммирования и точек разветвления;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
18.применять алгебраические и частотные критерии для исследования устойчивости линейных стационарных САУ;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.3.y1 уметь анализировать математические модели	
19.проводить линеаризацию нелинейных САУ;	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.2.y2 уметь применять основные математические методы при построении моделей	
20.переходить от заданной передаточной функции или структурной схемы к уравнениям состояния;	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.3.y1 уметь анализировать математические модели	
21.выполнять дискретизацию непрерывных линейных САУ.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Анализ устойчивости и описание одномерных линейных САУ				
1. Основные понятия и общие принципы построения автоматических систем.	0	2	1, 15, 2, 6, 7	Узучить основные термины, понятия и определения, используемые в теории автоматического управления (объект управления, устройство управления, управляемые переменные, управляющее и возмущающее воздействие, обратные связи), разомкнутое управление, принципы управления по отклонению и возмущению, комбинированное управление, разделение САУ по различным классификационным признакам (по виду математического описания и целям управления, количеству управляемых переменных и их зависимости от внешних воздействий, свойствам системы в установившемся режиме), задачи ТАУ.

2. Математическое описание линейных САУ.	0	3	16, 3, 8	Изучить формы записи дифференциальных уравнений САУ, частотные характеристики в обычном и логарифмическом масштабах, типовые воздействия, применяемые при исследовании САУ (гармонический сигнал, единичный скачок, единичный импульс), применение принципа суперпозиции для исследования линейных САУ, переходную и весовую характеристики.
3. Типовые звенья САУ.	0	2	16, 8	Освоить принципы выделения типовых звеньев, входящих в структуру САУ, типовые динамические звенья: пропорциональное, интегрирующее, дифференцирующее, апериодическое первого порядка, изотропное, дифференцирующее с замедлением, колебательное, консервативное, апериодическое второго порядка, интегрирующее с замедлением, дифференциальные и операторные уравнения, частотные и временные характеристики типовых звеньев.
4. Структурные схемы и графы в ТАУ.	0	3	17, 9	Знать представление САУ в виде структурных схем, условные изображения и обозначения, применяемые в структурных схемах, преобразование структурных схем при различных соединениях звеньев, правила переноса точек съема и суммирования сигналов. графы прохождения сигналов, правила преобразования графов.
5. Устойчивость линейных стационарных САУ.	0	4	10, 18	Изучить понятия устойчивости, общие условия устойчивости систем по весовым функциям и по виду корней характеристического уравнения, алгебраические (Рауса, Гурвица, Ляпунова - Шипара) и частотные (Михайлова, Найквиста) критерии устойчивости.

Дидактическая единица: Описание САУ в пространстве состояний и линеаризация нелинейных САУ

6. Математическое описание САУ в пространстве состояний.	0	4	12, 20, 21	Пространство состояний. Переход от заданной передаточной функции или структурной схемы к уравнениям состояния. Соотношение вход - выход для непрерывной линейной системы. Переходная матрица состояний, ее свойства и вычисление в случае стационарных систем. Переход от непрерывных линейных систем к дискретным и наоборот.
7. Математическое описание и линеаризация нелинейных САУ.	2	4	11, 19, 4	Обсуждаются понятие о нелинейных системах, основные виды и характеристики типовых нелинейных элементов, методы линеаризации нелинейных элементов.
8. Управляемость и наблюдаемость линейных систем.	2	2	13	Обсуждаются понятия управляемости и наблюдаемости САУ, условия полной управляемости и наблюдаемости в непрерывных и дискретных нестационарных и стационарных линейных системах, представленных в форме пространства состояний.

Дидактическая единица: Оптимальное оценивание состояний стохастических дискретных САУ

9. Оптимальное оценивание состояний стохастических дискретных систем.	5	12	14, 5	Изучаются теорема о нормальной корреляции, свойства гауссовского условного математического ожидания, вероятностное описание моделей, основная теорема оценивания (Шермана) и следствие из нее, оптимальное одношаговое предсказание в линейных системах. Обсуждаются алгоритмы фильтра Калмана, алгоритмы нелинейной фильтрации (линеаризованный и расширенный фильтры, одношаговый фильтр со сглаживанием).
---	---	----	-------	--

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Анализ устойчивости и описание одномерных линейных САУ				
1. Свойства преобразования Лапласа и их применение к решению обыкновенных дифференциальных уравнений.	4	6	15, 7	Обсуждение свойств преобразования Лапласа и их применимости к решению предложенных задач.
2. Временные и частотные характеристики типовых динамических звеньев.	0	6	16, 8	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
3. Преобразование структурных схем САУ.	0	4	17, 9	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
4. Алгебраические критерии устойчивости линейных стационарных САУ.	0	4	10, 18	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
5. Частотные критерии устойчивости линейных стационарных САУ.	0	4	10, 18	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
Дидактическая единица: Описание САУ в пространстве состояний и линеаризация нелинейных САУ				
6. Дискретизация непрерывных линейных САУ.	0	6	12, 21	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
7. Методы линеаризации нелинейностей.	0	6	11, 19	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате решения предложенных задач.
8. Алгоритмы линейной фильтрации на основе использования квадратных корней из матриц.	0	6	14	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате обсуждения выступлений студентов по темам индивидуальных заданий.
9. Алгоритмы адаптивной линейной фильтрации при параметрической априорной неопределенности.	0	4	14, 5	Изучение соответствующего теоретического материала. Закрепление полученных знаний в результате обсуждения выступлений студентов по темам индивидуальных заданий.

Дидактическая единица: Оптимальное оценивание состояний стохастических дискретных САУ

10. Алгоритмы нелинейной фильтрации.	2	8	14	Обсуждаются результаты фильтрации на основе алгоритма Калмана, нелинейной фильтрации (линеаризованный и расширенный фильтры, одношаговый фильтр со сглаживанием). закрепление полученных знаний в результате обсуждения выступлений студентов по темам заданий.
--------------------------------------	---	---	----	---

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	Контрольные работы	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	18	4
Для подготовки к занятию необходимо изучить соответствующий теоретический материал, знать решение типовых задач: Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к контрольным работам по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324107575.doc . - Загл. с экрана. Теория автоматического управления : контрольные работы и методические указания к ним для студентов заочного факультета и института дистанционного образования (направления 140400, 220700) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2011. - 48 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3956.pdf				
2	Подготовка к занятиям	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	16	4
Для подготовки к занятию необходимо изучить соответствующий теоретический материал: Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич, О. С. Черникова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324116808.doc . - Загл. с экрана. Теория автоматического управления : контрольные работы и методические указания к ним для студентов заочного факультета и института дистанционного образования (направления 140400, 220700) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2011. - 48 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3956.pdf				
3	Подготовка к аттестации	1, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 2, 20, 21, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	8	2

Для подготовки к занятию необходимо изучить соответствующий теоретический материал по списку экзаменационных вопросов : Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к контрольным работам по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324107575.doc. - Загл. с экрана. Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич, О. С. Черникова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324116808.doc. - Загл. с экрана. Теория автоматического управления : контрольные работы и методические указания к ним для студентов заочного факультета и института дистанционного образования (направления 140400, 220700) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2011. - 48 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3956.pdf

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Практические занятия:</i>	13	25
Контролирующие материалы приводятся в "Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич, О. С. Черникова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324116808.doc . - Загл. с экрана."		
<i>Контрольные работы:</i>	7	35
Контролирующие материалы приводятся в "Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к контрольным работам по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324107575.doc . - Загл. с экрана."		
<i>Экзамен:</i>	10	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Контр. раб.	Экзамен
ОПК.3	у1. уметь анализировать математические модели	+	+
ПК.2	з5. знать методы моделирования управляемых систем	+	+
	у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1 : [учебник для вузов по направлению 220200 "Автоматизация и управление"] / Д. П. Ким. - М., 2007. - 310 с. : ил., табл.
2. Федотов А.В. Основы теории автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.В. Федотов— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный технический университет, 2012.— 279 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/37832.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Коновалов Б.И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс]: учебное методическое пособие/ Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2010.— 162 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13869.html>.— ЭБС «IPRbooks»
4. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2 : [учебник для вузов по направлению 220200 "Автоматизация и управление"] / Д. П. Ким. - М., 2007. - 440 с. : ил.
5. Савин М. М. Теория автоматического управления : [учебное пособие для вузов] / М. М. Савин, В. С. Елсуков, О. Н. Пятина ; под. ред. В. И. Лачина. - Ростов н/Д, 2007. - 469 с. : ил.
6. Востриков А. С. Основы теории непрерывных и дискретных систем регулирования : учебное пособие / А. С. Востриков, Г. А. Французова, Е. Б. Гаврилов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2008. - 476 с. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2008/vostrikov.pdf>. - Инновационная образовательная программа НГТУ «Высокие технологии».

Дополнительная литература

1. Оптимальное управление движением : [учебное пособие для вузов] / В. В. Александров [и др.]. - М., 2005. - 374 с.
2. Математические основы теории автоматического регулирования. Т. 2 : учебное пособие для вузов / [В. А. Иванов и др.] ; под ред. Б. К. Чемаданова. - М., 1977. - 455 с.
3. Афанасьев В. Н. Математическая теория конструирования систем управления : учебник для вузов по специальности "Прикладная математика" / В. Н. Афанасьев, В.Б. Колмановский, В. Р. Носов. - М., 1998. - 573, [3] с.
4. Абденов А. Ж. Введение в оценивание и планирование экспериментов для стохастических динамических систем : Учеб. пособие для ст. курсов спец. "Прикладная математика" / А. Ж. Абденов, В. И. Денисов, В. М. Чубич; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1993. - 43 с.
5. Огарков М. А. Методы статистического оценивания параметров случайных процессов / М. А. Огарков. - М., 1990. - 206, [1] с. : схемы
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления : Учебное пособие для вузов / В. А. Бесекерский и др. ; под ред. В. А. Бесекерского. - М., 1978. - 512 с. : ил.
7. Топчеев Ю. И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования : учебное пособие / Ю. И. Топчеев. - М., 1989. - 752 с. : ил.

8. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического управления : [линейные системы, нелинейные системы, импульсные системы, цифровые и адаптивные системы, критерии устойчивости, случайные процессы] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - СПб., 2004. - 747 с. : ил.
9. Чаки Ф. Современная теория управления. Нелинейные, оптимальные и адаптивные системы / Ф. Чаки ; пер. с англ. В. В. Капитоненко и С. А. Анисимова С. А. ; под ред. Н. С. Райбмана. - М., 1975. - 424 с.
10. Первозванский А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие для вузов / А. А. Первозванский. - М., 1986. - 615 с. : ил., граф.
11. Методы классической и современной теории автоматического управления. В 5 т.. Т. 1. Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления : учебник для вузов / [К. А. Пупков и др.] ; под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. - М., 2004. - 654 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Теория автоматического управления : контрольные работы и методические указания к ним для студентов заочного факультета и института дистанционного образования (направления 140400, 220700) / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. Н. Аносов, В. В. Наумов]. - Новосибирск, 2011. - 48 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2011/11_3956.pdf
2. Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к контрольным работам по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324107575.doc. - Загл. с экрана.
3. Чубич В. М. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по ММУС [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. М. Чубич, О. С. Черникова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_853_1324116808.doc. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	для проведения лекций

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра теоретической и прикладной информатики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПИ
д.т.н., доцент В.С. Тимофеев
“ ” _____ Г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование управляемых систем

Образовательная программа: 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль:
Компьютерное моделирование и информационные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Математическое моделирование управляемых систем приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	у1. уметь анализировать математические модели з5. знать методы моделирования управляемых систем у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Дискретизация непрерывных линейных САУ. Математическое описание и линеаризация нелинейных САУ. Математическое описание САУ в пространстве состояний. Методы линеаризации нелинейностей.	Контрольные работы	Экзамен, вопросы 19, 21-23, 35-39
ПК.2/НИ способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	з5. знать методы моделирования управляемых систем у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Алгебраические критерии устойчивости линейных стационарных САУ. Алгоритмы адаптивной линейной фильтрации при параметрической априорной неопределенности. Алгоритмы линейной фильтрации на основе использования квадратных корней из матриц. Алгоритмы нелинейной фильтрации. Временные и частотные характеристики типовых динамических звеньев. Дискретизация непрерывных линейных САУ. Математическое описание и линеаризация нелинейных САУ. Математическое описание линейных САУ. Математическое описание САУ в пространстве состояний. Методы линеаризации нелинейностей. Оптимальное оценивание состояний стохастических дискретных систем. Основные понятия и общие принципы	Контрольные работы	Экзамен, вопросы 1, 3-20, 24-34

		построения автоматических систем. Преобразование структурных схем САУ. Свойства преобразования Лапласа и их применение к решению обыкновенных дифференциальных уравнений. Структурные схемы и графы в ТАУ. Типовые звенья САУ. Управляемость и наблюдаемость линейных систем. Устойчивость линейных стационарных САУ. Частотные критерии устойчивости линейных стационарных САУ.		
ПК.2/НИ	з5. знать методы моделирования управляемых систем у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Свойства преобразования Лапласа и их применение к решению обыкновенных дифференциальных уравнений	Контрольные работы	Экзамен, вопрос 2

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.2/НИ. Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются контрольная работа. Требования к выполнению контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.2/НИ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с

освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Математическое моделирование управляемых систем», 7 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: часть А состоит из теоретического вопроса из приведенного ниже перечня, часть В состоит из 10 тестовых заданий с приведенными вариантами ответов, часть С задача для решения. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № 1

к экзамену по дисциплине «Математическое моделирование управляемых систем»

А. Структурные схемы в ТАУ. Правила преобразования структурных схем. Пример.
(5 баллов)

В. 1. По заданному оригиналу $f(t) = \cos \omega t \cdot 1(t)$ найти изображение (2 балла).

а) $\frac{s}{s^2 + \omega^2}$ б) $\frac{s^2}{s^2 - \omega^2}$ в) $\frac{s}{s + \omega}$ г) $\frac{\omega}{s^2 + \omega^2}$

2. Найти изображение по Лапласу $X(s)$ решения дифференциального уравнения (2 балла).

$x'' + 5x' + 6x = 0$ с начальными условиями $x(0) = 0$, $x'(0) = 3$.

а) $\frac{3}{(s-1)(s-5)}$ б) $\frac{1}{(s+1)(s+5)}$ в) $\frac{3}{(s+1)(s+5)}$ г) $3(s+1)(s+5)$

3. Найти по заданному изображению $X(s) = \frac{2s^3 + 2s^2 + 8s - 2}{(s^2 + 4)(s^2 - 1)}$ оригинал (3 балла):

а) $(e^{-t} + \sin 2t)1(t)$ б) $(e^t + e^{-t} + \sin 2t)1(t)$

в) $(e^t + e^{-t} \cos 2t)1(t)$ г) $(e^{-2t} - \cos 2t)1(t)$

4. Определить АЧХ для звена, передаточная функция которого равна

$$W(p) = \frac{k}{1 + 4p} \quad (2 \text{ балла}).$$

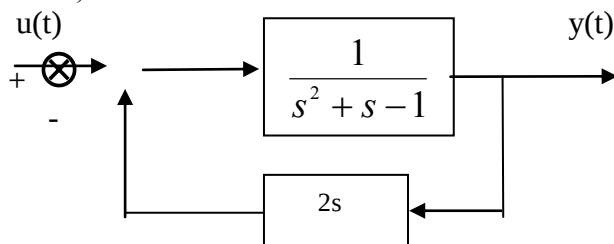
$$\text{а) } A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1+16\omega^2}} \quad \text{б) } A(\omega) = \frac{k|\omega|}{\sqrt{1+4\omega^2}}$$

$$\text{в) } A(\omega) = \frac{\omega}{k\sqrt{1+4\omega}} \quad \text{г) } A(\omega) = k\omega\sqrt{1+16\omega^2}$$

5. Вычислить переходную функцию звена с дифференциальным уравнением $2y''(t) + y'(t) = 4u(t)$ (3 балла).

$$\begin{aligned} \text{а) } & 4(1 + e^{-\frac{t}{2}})1(t) \quad \text{б) } 4t + 8(1 - e^{-t})1(t) \quad \text{в) } (4t + 8(1 - e^{-\frac{t}{2}}))\delta(t) \\ \text{г) } & (4t - 8(1 - e^{-\frac{t}{2}}))1(t) \end{aligned}$$

6. Составить дифференциальное уравнение, соответствующее структурной схеме (3 балла).



$$\begin{aligned} \text{а) } & y'(t) + 3y(t) - 1 = u(t) \quad \text{б) } y''(t) + 3y'(t) - y(t) = u'(t) \\ \text{в) } & -y''(t) - 3y'(t) + y(t) = -u(t) \quad \text{г) } y''(t) + 3y'(t) - y(t) = u(t) \end{aligned}$$

7. Определить при каких значениях коэффициента k является устойчивой замкнутая САУ, если передаточная функция разомкнутой системы равна

$$W(p) = \frac{k}{p(p+1)(2p+1)} \quad (3 \text{ балла}).$$

$$\begin{aligned} \text{а) } & k < \frac{3}{2} \quad \text{б) } 0 < k < \frac{3}{2} \quad \text{в) } k > \frac{3}{2} \quad \text{г) } 0 < k \leq \frac{3}{2} \end{aligned}$$

8. Найти верное утверждение (2 балла).

- а) Для того чтобы САУ была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф при изменении частоты от 0 до $+\infty$, начинался на вещественной отрицательной полуоси, обходил по часовой стрелки последовательно n квадрантов координатной плоскости, где n – порядок характеристического уравнения.
- б) Для того чтобы САУ была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф при изменении частоты от 0 до $+\infty$, обходил против часовой стрелки последовательно n квадрантов координатной плоскости, где n – порядок характеристического уравнения.
- в) Для того чтобы САУ была устойчива необходимо, чтобы годограф при изменении частоты от 0 до $+\infty$, начинался на вещественной положительной полуоси, обходил против часовой стрелки последовательно n квадрантов координатной плоскости, где n – порядок характеристического уравнения.
- г) Для того чтобы САУ была устойчива, необходимо и достаточно, чтобы годограф при изменении частоты от 0 до $+\infty$, начинался на вещественной положительной полуоси, обходил против часовой стрелки последовательно n квадрантов координатной плоскости, где n – порядок характеристического уравнения.

9. Нелинейная САУ описывается уравнением $y_1'(t)y_2'(t) = y_2(t)u(t)$. Выполнить линеаризацию относительно опорной траектории, если $y_1(t) = 2t + 5 + \Delta y_1(t)$, $y_2(t) = -t + \Delta y_2(t)$, $u(t) = 2t + \Delta u(t)$ (3 балла).

$$\text{а) } 2\Delta y_2'(t) - \Delta y_1'(t) - 2 = -2t^2 + 2t\Delta y_2(t) - t\Delta u(t)$$

$$\text{б) } 2\Delta y_2'(t) - \Delta y_1'(t) - 2 = 2t\Delta y_2(t) - t\Delta u(t)$$

$$\text{в) } 2\Delta y_2'(t) - \Delta y_1'(t) = 2t\Delta y_2(t) - t\Delta u(t)$$

$$\text{г) } 2\Delta y_2'(t) - \Delta y_1'(t) = 2$$

10. Определить при каких значениях параметра k непрерывная САУ управляема (2 балла).

$$\dot{x}_1 = -2x_1 + kx_2 + u,$$

$$\dot{x}_2 = 2x_1 + x_2 + 2u,$$

$$y_1 = x_1 - 2x_2.$$

$$\text{а) } k = 2$$

$$\text{б) } 0 < k < 2$$

$$\text{в) } k \neq 2, k > 0$$

$$\text{г) } k \neq 2$$

С. Определить выходной сигнал системы, заданной передаточной функцией (10 баллов)

$$W = \frac{2s + 1}{(s + 0.1)(s + 0.5)}, \text{ если на вход подается сигнал } u(t) = \sin t.$$

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студентом теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками, оценка составляет менее 10 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студентом теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками, оценка составляет 10-19 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студентом теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки, оценка составляет 20-34 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студентом теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все

предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. оценка составляет 35-40 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Математическое моделирование управляемых систем»

1. Фундаментальные принципы управления. Примеры.
2. Преобразование Лапласа и его свойства. Примеры.
3. Передаточные функции. Временные характеристики. Примеры.
4. Частотные характеристики. Примеры.
5. Элементарные звенья и их характеристики. Пропорциональное ($y = ku$), интегрирующее ($\dot{y} = ku$), дифференцирующее ($y = k\dot{u}$), изодромное ($\dot{y} = ku + k_1\dot{u}$) звенья. Физические примеры.
6. Частотные и временные характеристики апериодического звена первого порядка ($T\dot{y} + y = ku$). Физический пример.
7. Частотные и временные характеристики дифференцирующего звена с замедлением ($T\dot{y} + y = k\dot{u}$). Физический пример.
8. Частотные и временные характеристики колебательного звена ($T^2\ddot{y} + 2\xi T\dot{y} + y = ku$, $0 < \xi < 1$). Физический пример.
9. Частотные и временные характеристики консервативного звена ($T^2\ddot{y} + y = ku$). Физический пример.
10. Частотные и временные характеристики апериодического звена второго порядка ($T^2\ddot{y} + 2\xi T\dot{y} + y = ku$, $\xi \geq 1$). Физический пример.
11. Частотные и временные характеристики интегрирующего звена с замедлением ($T\dot{y} + \dot{y} = ku$). Физический пример.
12. Структурные схемы в ТАУ. Правила преобразования структурных схем. Пример.
13. Графы в ТАУ. Правила преобразования графов. Пример.
14. Устойчивость по входу. Примеры.
15. Устойчивость по начальным данным. Примеры.
16. Алгебраические критерии устойчивости (Рауса, Гурвица, Ляпунова-Шипара) непрерывных линейных систем. Примеры.
17. Критерий Михайлова исследования устойчивости непрерывных линейных систем. Пример.
18. Критерий Найквиста исследования устойчивости замкнутых непрерывных линейных систем. Пример.
19. Многомерные САУ. Пространство состояний. Переход от структурной схемы к уравнениям состояния.
20. Непрерывные линейные системы. Переходная матрица состояний, ее свойства.
21. Способы вычисления матричной экспоненты. Примеры.
22. Переход от непрерывных линейных систем к дискретным. Пример.
23. Переход от дискретных линейных систем к непрерывным.

24. Наблюдаемость в непрерывных линейных системах (определение, теорема, следствие).
25. Наблюдаемость в дискретных линейных системах (определение, теорема, следствие).
26. Управляемость в непрерывных линейных системах (определение, теорема, следствие).
27. Управляемость в дискретных линейных системах (определение, теорема, следствие).
28. Теорема о нормальной корреляции.
29. Свойства гауссовского условного математического ожидания.
30. Вероятностное описание моделей стохастических линейных дискретных систем.
31. Основы теории оценивания. Теорема Шермана и ее применение для нахождения оптимальных оценок в дискретных линейных системах.
32. Оптимальное предсказание в дискретных линейных системах.
33. Оптимальная фильтрация в дискретных линейных системах.
34. Фильтр Калмана. Вопросы практической применимости и вычислительные аспекты.
35. Линеаризация на основе разложения в ряд Тейлора. Второй метод линеаризации. Примеры.
36. Линеаризация характеристических кривых. Определение коэффициентов линеаризации методом наименьших квадратов.
37. Гармоническая линеаризация. Метод описывающих функций. Пример.
38. Первый метод статистической линеаризации.
39. Второй метод статистической линеаризации.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Математическое моделирование управляемых систем», 7 семестр

1. Методика оценки

Первая контрольная работа пишется на 9 учебной неделе (минимальный балл - 5, максимальный балл - 18). На подготовку к первой контрольной работе выделяется 4 часа по плану самостоятельной работы. Для подготовки к контрольной работе необходимо изучить материалы лекционных и практических занятий по модулю «Математическое описание и устойчивость одномерных линейных стационарных САУ».

Вторая контрольная работа выполняется на 14 учебной неделе (минимальный балл - 4, максимальный балл - 17). На подготовку выделяется 2 часа по плану самостоятельной работы. Для подготовки к контрольной работе необходимо изучить материалы лекционных и практических занятий по модулю «Нелинейные САУ. Математическое описание моделей в пространстве состояний».

2. Критерии оценки

Каждое задание контрольной работы оценивается в соответствии с приведенными ниже критериями.

Контрольные работы состоят из нескольких задач, каждая из которых оценивается в баллах. В п.4 приведены задачи с максимальным количеством баллов, которые можно за них получить. Если задание выполнено правильно, то оно оценивается в максимальное количество баллов. Если ход решения задач правильный и имеются вычислительные ошибки, то задание оценивается в половину баллов. Если задание выполнено неправильно, то в 0 баллов.

Первая контрольная работа

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студентом набрано менее 5 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студентом набрано 6-10 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студентом набрано 11-16 баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студентом набрано 17-18 баллов.

Вторая контрольная работа

Контрольная работа считается **невыполненной**, если студентом набрано менее 4 баллов.

Работа выполнена на **пороговом** уровне, если студентом набрано 4-9 баллов.

Работа выполнена на **базовом** уровне, если студентом набрано 10-15 баллов.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студентом набрано 16-17 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей

программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Содержание контрольной работы №1:

1. Построить частотные и временные характеристики динамического элемента, заданного передаточной функцией (7 баллов).
2. Выполнить структурные преобразования заданной схемы САУ и определить, при каких значениях параметров САУ будет устойчивой (4 балла).
3. Построить годограф Михайлова и проанализировать устойчивость САУ по указанному характеристическому уравнению (3 балла).
4. Найти дифференциальное уравнение автоматической системы по приведенной структурной схеме (4 балла).

Содержание контрольной работы №2:

1. Найти переходную матрицу и выполнить дискретизацию системы, описываемой заданной системой обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами (9 балла).
2. Выполнить линеаризацию во временной или частотной области заданной САУ (4 балла).
3. Найти переходную матрицу системы, описываемой заданной системой обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами (4 балла).