



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

«СОГЛАСОВАНО»

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель ОП
09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Заведующий кафедрой
Технологий промышленного производства


(Подпись)
«6» июля 2018г.

К.В. Змеу
(Ф.И.О.)



К.В. Змеу
(Ф.И.О.)

«6» июля 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления

Направление подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3
лекции 9 час.
практические занятия 9 час.
в том числе с использованием МАО лек. 2/лаб. 2
всего часов аудиторной нагрузки 18 час.
в том числе с использованием МАО 4 час.
самостоятельная работа 126 час.
в том числе на подготовку к экзамену 18 час.
экзамен 3 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 № 875

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры технологий промышленного производства, протокол № 12 от «6» июля 2018г.

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Змеу К.В.
Составитель: к.т.н., доцент Ноткин Б.С.

Оборотная сторона титульного листа РПУД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:

Протокол от «_____» _____ 20__ г. № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

Аннотация рабочей программы дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Дисциплина «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» предназначена для аспирантов, обучающихся по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа, из них: лекции 9 часов, практические занятия 9 часов, самостоятельная работа 126 часов. Курс реализуется на 2 курсе в 3 семестре.

Дисциплина «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» относится к обязательным дисциплинам вариативной части учебного плана.

Дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» предшествует освоение дисциплины: «Модельно-ориентированное исследование промышленных объектов и систем». Содержание разделов дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» согласовано с содержанием дисциплин, изучаемых параллельно: «Оптимальные, адаптивные и интеллектуальные системы автоматического управления».

Целью освоения курса «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» является формирование у аспирантов навыков использования современных средств моделирования, развитие культуры выполнения численного эксперимента, углубленное изучение теоретической базы и программных сред для моделирования и исследования систем автоматического управления.

Задачи:

- углубленно изучить специализированные программные среды для моделирования и анализа систем автоматического управления;

- практически освоить современные методы и инструментарий программных продуктов для разработки и исследования динамических систем;

- закрепление и развитие у аспирантов навыков модельно-ориентированного проектирования, планирования, обработки и анализа результатов эксперимента.

Для успешного изучения дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);

- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2)

- способность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);

- готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности (ОПК-4);

- способность совершенствовать и разрабатывать новые теоретические подходы к созданию систем автоматического управления техническими объектами и процессами с целью достижения более высоких технико-экономических показателей их функционирования (ПК-2);

- способность строить и верифицировать математические модели систем управления процессами и объектами в технических системах на основе современных аналитических и численных методов с применением средств вычислительной техники, специализированных или универсальных

программных продуктов, современных контрольно-измерительных комплексов; владение навыками численного и натурального эксперимента; умение анализировать и обобщить результаты эксперимента (ПК-3);

- умение разрабатывать и создавать на уровне макетов и прототипов системы автоматического управления, выполнять наладку и исследование таких систем, а также исследование, усовершенствование, наладку полномасштабных систем автоматического управления промышленными (техническими) объектами и процессами (ПК-4);

- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

- готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);

- готовностью использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие общепрофессиональные, профессиональные, универсальные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Знает	современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ в области профессиональной деятельности
	Умеет	использовать результаты экспериментальных исследований в профессиональной деятельности
	Владеет	методологическими основами современной науки, навыками планирования и обработки результатов научного эксперимента
ОПК-2 владение культурой научного исследования, в том числе с	Знает	современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности
	Умеет	выбирать и применять в профессиональной

использованием современных информационно-коммуникационных технологий		деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
	Владеет	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ОПК-3 способность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	основные принципы планирования и реализации научно-исследовательских и поисковых исследований
	Умеет	планировать научно-исследовательские и поисковые исследования в зависимости от поставленных целей и задач
	Владеет	способностью к разработке новых методов теоретического и экспериментального решения научных задач
ОПК-4 готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности	Знает	основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций
	Умеет	планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива
	Владеет	организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между членами исследовательского коллектива
ПК-2 способность совершенствовать и разрабатывать новые теоретические подходы к созданию систем автоматического управления техническими объектами и процессами с целью достижения более высоких технико-экономических показателей их функционирования	Знает	современные принципы управления сложными системами, методы системного анализа, информационных технологий и теории оптимального управления
	Умеет	формулировать современные постановки задач управления, анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем управления
	Владеет	навыками проектирования конкурентоспособных систем управления промышленными объектами и процессами

<p>ПК-3 способность строить и верифицировать математические модели систем управления процессами и объектами в технических системах на основе современных аналитических и численных методов с применением средств вычислительной техники, специализированных или универсальных программных продуктов, современных контрольно-измерительных комплексов; владение навыками численного и натурального эксперимента; умение анализировать и обобщить результаты эксперимента</p>	Знает	современные методы математического описания, численного и аналитического исследования моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе
	Умеет	применять современные программные продукты, теоретические и экспериментальные методы построения математических моделей технических систем, выполнять их верификацию, исследование и анализ
	Владеет	навыками планирования и проведения экспериментов, статистической обработки и интерпретации их результатов с целью оценки достоверности получаемых математических моделей динамических объектов и процессов
<p>ПК-4 умение разрабатывать и создавать на уровне макетов и прототипов системы автоматического управления, выполнять наладку и исследование таких систем, а также исследование, усовершенствование, наладку полномасштабных систем автоматического управления промышленными (техническими) объектами и процессами</p>	Знает	методы современной теории автоматического управления, информационных технологий и системного анализа
	Умеет	выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации, обосновывать принимаемые решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности; разрабатывать нормативно-техническую документацию на проектируемые системы и установки, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненных работ
	владеет	опытом составления технических заданий и участия в разработке аппаратных и/или программных средств систем автоматического управления

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекции (9 час.)

Раздел I. Программные продукты для моделирования систем автоматического управления (2 часа.)

Тема 1. Обзор программных продуктов (1 час)

Обзор коммерческих и свободных программных продуктов для моделирования и исследования систем автоматического управления: Simulink (MATLAB), LabVIEW, VisSim, SystemBuild (MATRIXx), ПК «МВТУ», ITI-SIM, SIMPLORER, DYNAST. Особенности, назначение и возможности современных программных сред моделирования.

Тема 2. Методы численного интегрирования (1 час)

Математическая постановка задачи моделирования непрерывных и дискретных динамических систем. Решение дифференциальных уравнений методами численного интегрирования. Прямой и обратный метод Эйлера. Трапецеидальный алгоритм. Семейство методов Рунге-Кутты различного порядка. Метод Адамса-Башворта-Мултона переменного порядка. Многошаговые алгоритмы. Ошибки интегрирования. Устойчивость численных методов. Понятие жесткой системы дифференциальных уравнений

Раздел II. Анализ и синтез линейных динамических систем в среде Control System Toolbox (2 часа)

Тема 1. Анализ линейных динамических систем (1 час)

Формы представления динамических систем: передаточные функции, нули и полюса, пространства состояний, частотные модели. Преобразование непрерывных моделей в дискретные, аппроксимация объектов высокого порядка. Частотные и временные характеристики систем автоматического управления. Устойчивость линейных систем. Решение непрерывных и дискретных уравнений Ляпунова. Анализ динамических систем методом корневого годографа.

Тема 2. Синтез линейных динамических систем (1 час)

Синтез система автоматического управления (САУ) методом корневого годографа. Синтез одноконтурных САУ и многоконтурных регуляторов методами размещения полюсов, частотных характеристик, модального регулирования, линейно-квадратичного управления. Настройка систем ПИД-регулирования по желаемой полосе пропускания и запасу устойчивости по фазе. Наблюдаемость и управляемость. Синтез наблюдателей и фильтр Калмана. Синтез оптимальных регуляторов линейных стационарных систем. Качественные показатели динамических систем, запас устойчивости. Параметрическая оптимизация САУ в частотной и временной области. Линеаризация динамических систем.

Раздел III. Разработка цифровых фильтров средствами Filter Design Toolbox 2 час.)

Тема 1. Общие сведения о фильтрации сигналов (1 час)

Общие сведения по задачам и методам цифровой и аналоговой фильтрации. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой. Фильтры низких и высоких частот. Полосовые и режекторные фильтры. Фильтры Баттерворта, Чебышева первого и второго рода, эллиптические (Кауэра) и Бесселя. Амплитудно- и фазочастотные характеристики (АЧХ и ФЧХ) непрерывных (аналоговых) и дискретных (цифровых) фильтров. Импульсная характеристика, нули и полюсы на комплексной плоскости.

Тема 2. Методы синтеза дискретных фильтров (1 час)

Синтез по аналоговому прототипу. Дискретизация методами билинейного z-преобразования и инвариантной импульсной характеристики. Синтез фильтров путем обратного преобразования Фурье от желаемой АЧХ. Оценка требуемого порядка фильтра путем использования окна Кайзера. Синтез фильтров методами минимизации среднеквадратического отклонения АЧХ от заданной. Синтез путем минимаксной оптимизации пиковых отклонений АЧХ фильтра. Оценка порядка фильтра методом Ремеза. Параметрические и непараметрические методы спектрального анализа

дискретных сигналов. Быстрое преобразование Фурье и дискретное косинусное преобразование.

Раздел IV. Идентификация динамических объектов средствами System Identification Toolbox (3 часа)

Тема 1. Постановка задачи идентификации и ее виды (1 час)

Постановка задачи идентификации. Структурная, параметрическая и непараметрическая идентификация.

Тема 2. Идентификация линейных динамических объектов (1 час)

Идентификация во временной и частотной областях. Особенности идентификации объектов в дискретной и непрерывной форме, в форме передаточной функции, пространства состояний, регрессионной модели.

Тема 3. Идентификация нелинейных динамических объектов (1 час)

Идентификация нелинейных моделей в форме Хаммерстайна-Винера. Подходы к идентификации объектов с насыщением и мертвой зоной по входу и выходу.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Практические занятия (9 часов)

Занятие 1. Знакомство со средой программирования MATLAB (3 часа). Интерфейс, рабочее пространство, функции, файловая система, отладка кода. Матричные и скалярные операции.

Занятие 2. Методы численного интегрирования: сравнительный эксперимент (1 час). Программная реализация и сравнение способов численного интегрирования методами Эйлера и Рунге-Кутты четвертого порядка в среде MATLAB.

Занятие 3. Знакомство с графической средой имитационного моделирования динамических процессов Simulink (2 часа). Интерфейс,

библиотека блоков, подсистемы, пользовательские функции, отображение графиков переходных процессов, параметры численного интегрирования.

Занятие 4. Синтез и анализ линейных систем управления средствами Control System Toolbox (1 час). Задание динамического объекта с помощью передаточной функции, уравнения состояния, расположения нулей и полюсов, указанием частотных характеристик. Анализ временных и частотные характеристики динамических систем, время переходного процесса, перерегулирование, границы устойчивости.

Занятие 5. Реализация цифровых фильтров средствами Filter Design Toolbox (1 час). Синтез фильтров с конечной и бесконечной импульсной характеристикой, быстрое преобразование Фурье, Многоскоростные фильтры, интерполяторы и дециматоры, каскады гребенчатых фильтров и интеграторов.

Занятие 6. Идентификация динамического объекта средствами System Identification Toolbox (1 час). Идентификация во временной и частотной области, идентификация непрерывных и дискретных передаточных функции, моделей процессов и моделей в пространстве состояний. Метод максимального правдоподобия, модели Хаммерстайна-Винера.

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся, критерии оценки и рекомендации по выполнению.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Программные продукты для моделирования систем автоматического управления	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-4	<p>знает: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий; особенности представления результатов научной деятельности</p> <p>умеет: планировать научно-исследовательские и поисковые исследования; выбирать и применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования</p> <p>владеет: организаторскими способностями; навыками планирования научной работы, анализа научных текстов на государственном и иностранном языках; способностью к разработке новых методов</p>	<p>собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практических занятий № 1-3</p>	экзамен вопросы 1-6
2	Раздел 2. Анализ и синтез линейных динамических систем в среде Control System Toolbox	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	<p>знает: методы научно-исследовательской деятельности; современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ; современные методы математического описания, численного и аналитического исследования моделей различных физических</p>	<p>собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практических занятия № 4</p>	экзамен вопросы 7-18

			<p>процессов и технических устройств на их основе</p> <p>умеет: анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований; формулировать современные постановки задач управления; выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления</p> <p>владеет: опытом разработки аппаратных и/или программных средств систем автоматического управления</p>		
3	Раздел 3. Разработка цифровых фильтров средствами Filter Design Toolbox	ОПК-1 ПК-2	<p>знает: методы системного анализа, информационных технологий и теории оптимального управления</p> <p>умеет: давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем управления</p> <p>владеет: методологическими основами современной науки; навыками проектирования конкурентоспособных систем управления; технологиями планирования</p>	<p>собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практических занятия № 5</p>	<p>экзамен вопросы 19-32</p>
4	Раздел 4. Идентификация динамических объектов средствами System Identification Toolbox	ОПК-1 ПК-3 ПК-4	<p>знает: методы современной теории автоматического управления, информационных технологий и системного анализа</p> <p>умеет: использовать результаты</p>	<p>собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по</p>	<p>экзамен вопросы 33-40</p>

			экспериментальных исследований; использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений; применять современные программные продукты	материала м практических занятия № 6	
			владеет: навыками планирования и проведения экспериментов, статистической обработки и интерпретации их результатов		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.В. Поршневу. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 736 с.

<https://e.lanbook.com/book/650>

2. Алексеев, А. А. Идентификация и диагностика систем: учеб. для студ. высш. учеб. заведений / А. А. Алексеев, Ю. А. Кораблев, М. Ю. Шестоуалов. М.: Издательский центр "Академия", 2009. - 352 с.-1 экз.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:290942&theme=FEFU>

3. Воробьев С. Н. Цифровая обработка сигналов: учебник для высшего профессионального образования / С. Н. Воробьев. - М.: Издательский центр "Академия", 2013. - 318 с.-7 экз.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:694259&theme=FEFU>

4. Ощепков, А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: учебное пособие/ Ощепков, А. Ю. — С-П.: Лань, 2013 .— 208 с.

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5848

5. Коновалов, Б.И. Теория автоматического управления [Электронный ресурс] : учебное пособие / Б.И. Коновалов, Ю.М. Лебедев. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 224 с.

<https://e.lanbook.com/book/71753>

Дополнительная литература (печатные и электронные издания)

1. Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB / Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А. — СПб.: "Лань", 2011.— 464с

<https://e.lanbook.com/book/90161>

2. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов: учебное пособие / Н. В. Голубева. — С-П.: Лань, 2013.— 192 с.

<https://e.lanbook.com/book/76825>

3. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов моделирование в Simulink : учеб. пособие для вузов / А. И. Солонина. - СПб. : БХВ-Петербург, 2012. - 425 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:675470&theme=FEFU>

4. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления: учебное пособие / Первозванский. А.А. – СПб.: Лань, 2010. – 615 с.-5 экз.

<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:298684&theme=FEFU>

5. Петраков, Ю.В. Теория автоматического управления технологическими системами [Электронный ресурс] : учебное пособие /

Ю.В. Петраков, О.И. Драчев. — Электрон. дан. — Москва :
Машиностроение, 2009. — 336 с.

<https://e.lanbook.com/book/751>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Лаборатория дистанционного доступа к оборудованию для экспериментов по изучению систем автоматического управления Automatic Control Telelab:

<http://act.dii.unisi.it/home.php>

Онлайн курсы на Национальной платформе открытого образования openedu.ru, рекомендуемые для закрепления и/или более глубокого изучения материала при самостоятельной работе.

1. Управление мехатронными и робототехническими системами:

<https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ROBCTR/>

2. Системы автоматизированного проектирования:

<https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/FUSENG/>

3. Элементы систем автоматического управления:

<https://openedu.ru/course/ITMOUniversity/ACSE/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» существенное внимание отводится самостоятельной работе аспирантов. Эта работа должна

выполняться аспирантами своевременно, в темпе знакомства с материалами занятий, утвержденном календарным планом дисциплины. На основе оценки качества и своевременности выполнения самостоятельной работы осуществляется контроль текущей и промежуточной успеваемости аспирантов. Для повышения мотивации аспирантов задачи для самостоятельной работы тематически привязываются к темам диссертационных исследований, а оценка качества их выполнения осуществляется в соревновательной форме.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для организации самостоятельной работы аспирантам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности:

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
690922, Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корпус Е, ауд. Е 423, компьютерный класс. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 25). Место преподавателя (стол, стул), Оборудование: компьютер [HDD 2 TB; SSD 128 GB; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором AOC 28” LI2868POU.30AGCT01WW P300. LENOVO] (16 шт); Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty (25 шт.)
690922, Приморский край, г. Владивосток, Фрунзенский р-н, Русский Остров, ул. Аякс п., д. 10, корпус L, ауд. L 210, лаборатория Промышленной автоматизации. Аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (рабочих мест – 30). Место преподавателя (стол, стул), Оборудование: Оборудование электронное для создания двух стендов SIMOTION D Стенд с модульной приводной системой SINAMICS S120 Стенд с модульной приводной системой SINAMICS S120 Стенд с модульной универсальной системой ЧПУ SINUMERIK 840D SL PN (SIEMENS) Стенд с модульной универсальной системой ЧПУ SINUMERIK 840D SL PN (SIEMENS) Стенд с моноблочной приводной системой SINAMICS S120 COMBL DRIVE RACK (SIEMENS) Стенд с моноблочной приводной системой SINAMICS S120 COMBL

аттестации.	<p>DRIVE RACK (SIEMENS) Стенд с моноблочной системой ЧПУ (токарный вариант) SINUMERIK 828D Turning (SIEMENS) Стенд с моноблочной системой ЧПУ (фрезерный вариант) SINUMERIK 828D Milling (SIEMENS) Симулятор ЧПУ OKUM для фрезерных обрабатывающих центров Симулятор ЧПУ OKUM для фрезерных обрабатывающих центров Симулятор ЧПУ Okuma для токарно-фрезерных обрабатывающих центров Симулятор ЧПУ Okuma для токарно-фрезерных обрабатывающих центров Контроллер Siemens Demokoffer НРТА - 1 шт</p>
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigE, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1 Вт Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеувеличителем с возможностью регуляции цветových спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Специализированные программные среды для
моделирования систем автоматического управления»**

**Направление подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная
техника**

**профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (по отраслям)»**

Форма подготовки очная

**Владивосток
2018**

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение, час	Форма контроля
1	1-3 неделя	Задачи для закрепления материалов по Разделу I. Программные продукты для моделирования систем автоматического управления	21	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам занятий № 1-3
2	4-10 неделя	Задачи для закрепления материалов по Разделу II. Анализ и синтез линейных динамических систем в среде Control System Toolbox	40	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам занятия № 4
3	11-14 неделя	Задачи для закрепления материалов по Разделу III. Разработка цифровых фильтров средствами Filter Design Toolbox	26	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам занятия № 5
4	15-17 неделя	Задачи для закрепления материалов по Разделу IV. Идентификация динамических объектов средствами System Identification Toolbox	21	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам занятия № 6
5	18 неделя	Подготовка к экзамену	18	экзамен

Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся, критерии оценки и рекомендации по выполнению

Самостоятельной работе при освоении дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления» отводится существенное место. Своевременность и результат выполнения самостоятельных работ являются

определяющими при оценке успеваемости аспирантов. В рамках дисциплины, обучающиеся выполняют три типа самостоятельных работ.

а) Задание в форме группы задач с нарастающей сложностью и пропорционально возрастающим баллом за решение. Для мотивации аспирантов используется соревновательная форма, где критерием успеха выступает суммарный балл.

б) Задание выраженного состязательного характера, где явно задается количественный критерий качества решения, в соответствии с которым распределяются баллы между аспирантами.

в) Индивидуальное задание, выполняемое в рамках тематики диссертационного исследования аспиранта.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине «Специализированные программные среды для
моделирования систем автоматического управления»
**Направление подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная
техника**
профиль «Автоматизация и управление технологическими процессами и
производствами (по отраслям)»
Форма подготовки очная

Владивосток
2018

Паспорт ФОС

по дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ОПК-1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	Знает	современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ в области профессиональной деятельности
	Умеет	использовать результаты экспериментальных исследований в профессиональной деятельности
	Владеет	методологическими основами современной науки, навыками планирования и обработки результатов научного эксперимента
ОПК-2 владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	Знает	современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности
	Умеет	выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования
	Владеет	навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных) и критического анализа информации по тематике проводимых исследований; навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности
ОПК-3 способность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	Знает	основные принципы планирования и реализации научно-исследовательских и поисковых исследований
	Умеет	планировать научно-исследовательские и поисковые исследования в зависимости от поставленных целей и задач
	Владеет	способностью к разработке новых методов теоретического и экспериментального решения научных задач
ОПК-4 готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности	Знает	основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций
	Умеет	планировать научную работу, формировать состав рабочей группы и оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива
	Владеет	организаторскими способностями, навыками планирования и распределения работы между

		членами исследовательского коллектива
<p>ПК-2 способность совершенствовать и разрабатывать новые теоретические подходы к созданию систем автоматического управления техническими объектами и процессами с целью достижения более высоких технико-экономических показателей их функционирования</p>	Знает	современные принципы управления сложными системами, методы системного анализа, информационных технологий и теории оптимального управления
	Умеет	формулировать современные постановки задач управления, анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем управления
	Владеет	навыками проектирования конкурентоспособных систем управления промышленными объектами и процессами
<p>ПК-3 способность строить и верифицировать математические модели систем управления процессами и объектами в технических системах на основе современных аналитических и численных методов с применением средств вычислительной техники, специализированных или универсальных программных продуктов, современных контрольно-измерительных комплексов; владение навыками численного и натурального эксперимента; умение анализировать и обобщить результаты эксперимента</p>	Знает	современные методы математического описания, численного и аналитического исследования моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе
	Умеет	применять современные программные продукты, теоретические и экспериментальные методы построения математических моделей технических систем, выполнять их верификацию, исследование и анализ
	Владеет	навыками планирования и проведения экспериментов, статистической обработки и интерпретации их результатов с целью оценки достоверности получаемых математических моделей динамических объектов и процессов
ПК-4 умение разрабатывать и	Знает	методы современной теории автоматического управления, информационных технологий и

создавать на уровне макетов и прототипов системы автоматического управления, выполнять наладку и исследование таких систем, а также исследование, усовершенствование, наладку полномасштабных систем автоматического управления промышленными (техническими) объектами и процессами		системного анализа
	Умеет	выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации, обосновывать принимаемые решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности; разрабатывать нормативно-техническую документацию на проектируемые системы и установки, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненных работ
	владеет	опытом составления технических заданий и участия в разработке аппаратных и/или программных средств систем автоматического управления

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Программные продукты для моделирования систем автоматического управления	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-4	знает: современные способы использования информационно-коммуникационных технологий; особенности представления результатов научной деятельности	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практических занятий № 1-3	экзамен вопросы 1-6
			умеет: планировать научно-исследовательские и поисковые исследования; выбирать и применять экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования		
			владеет: организаторскими способностями; навыками планирования научной работы, анализа научных текстов на		

			государственном и иностранном языках; способностью к разработке новых методов		
2	Раздел 2. Анализ и синтез линейных динамических систем в среде Control System Toolbox	ОПК-1 ПК-2 ПК-3 ПК-4	<p>знает: методы научно-исследовательской деятельности; современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ; современные методы математического описания, численного и аналитического исследования моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе</p> <p>умеет: анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований; формулировать современные постановки задач управления; выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления</p> <p>владеет: опытом разработки аппаратных и/или программных средств систем автоматического управления</p>	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практических занятия № 4	экзамен вопросы 7-18
3	Раздел 3. Разработка цифровых фильтров средствами Filter Design Toolbox	ОПК-1 ПК-2	<p>знает: методы системного анализа, информационных технологий и теории оптимального управления</p> <p>умеет: давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем</p>	собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практического занятия № 5	экзамен вопросы 19-32

			управления		
			владеет: методологическими основами современной науки; навыками проектирования конкурентоспособных систем управления; технологиями планирования		
4	Раздел 4. Идентификация динамических объектов средствами System Identification Toolbox	ОПК-1 ПК-3 ПК-4	<p>знает: методы современной теории автоматического управления, информационных технологий и системного анализа</p> <p>умеет: использовать результаты экспериментальных исследований; использовать положения и категории философии науки для анализа и оценивания различных фактов и явлений; применять современные программные продукты</p> <p>владеет: навыками планирования и проведения экспериментов, статистической обработки и интерпретации их результатов</p>	<p>собеседование, контроль выполнения самостоятельных работ по материалам практического занятия № 6</p>	экзамен вопросы 33-40

Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
ОПК-1 владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	современные проблемы и методологию теоретических и экспериментальных работ в области	особенности, назначение и возможности современных программных средств моделирования	методы анализа устойчивости замкнутых САУ	45-64

		профессиональной деятельности	систем автоматического управления		
	умеет (продвинутый)	использовать результаты экспериментальных исследований в профессиональной деятельности	формулировать цели и задачи численных экспериментов	выбрать и обосновать метод численного интегрирования	65-84
	владеет (высокий)	методологически оснoвами современной науки, навыками планирования и обработки результатов научного эксперимента	навыками модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления	навыками линеаризации динамических систем	85-100
ОПК-2 владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	знает (пороговый уровень)	современные способы использования информационно-коммуникационных технологий в выбранной сфере деятельности	виды информационных систем и технологий, применяемых в области модельно-ориентированного проектирования САУ	программные продукты для моделирования систем автоматического управления	45-64
	умеет (продвинутый)	выбирать и применять в профессиональной деятельности экспериментальные и расчетно-теоретические методы исследования	применять методы моделирования для решения задач управления	планировать эксперимент для идентификации динамических объектов	65-84
	владеет (высокий)	навыками поиска и критического анализа информации по тематике проводимых исследований;	навыками представления и продвижения результатов интеллектуальной деятельности	навыками постановки и проведения достоверного численного эксперимента	85-100
ОПК-3 способность к разработке новых методов исследования и их применение в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	основные принципы планирования и реализации научно-исследовательских и поисковых исследований	основные подходы современной теории автоматического	способы описания линейных динамических объектов	45-64
	умеет (продвинутый)	планировать научно-исследовательские и поисковые исследования	выполнять планирование экспериментов с учетом поставленных	строить модели нелинейных динамических систем	65-84

			целей и задач		
	владеет (высокий)	способностью к разработке новых методов теоретического и экспериментального решения научных задач	навыками синтеза систем управления сложными динамическими объектами	техниками синтеза современных САУ	85-100
ОПК-4 готовность организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности	знает (пороговый уровень)	основные принципы организации работы в коллективе и способы разрешения конфликтных ситуаций	принципы организации работы исследовательских коллективов в области		45-64
	умеет (продвинутый)	планировать научную работу исследовательского коллектива	формировать состав рабочей группы исследовательского коллектива	оптимизировать распределение обязанностей между членами исследовательского коллектива	65-84
	владеет (высокий)	организаторскими способностями,	навыками планирования научной работы исследовательского коллектива	навыками распределения работы между членами исследовательского коллектива	85-100
ПК-2 способность совершенствовать и разрабатывать новые теоретические подходы к созданию систем автоматического управления техническими объектами и процессами с целью достижения более высоких технико-экономических показателей их функционирования	знает (пороговый уровень)	современные принципы управления сложными системами	методы системного анализа, информационных технологий и теории оптимального управления	классификацию подходов в области автоматического управления	45-64
	умеет (продвинутый)	формулировать современные постановки задач управления, анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований	давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем управления	обосновать выбор критерия оптимальности при синтезе системы автоматического управления	65-84
	владеет (высокий)	навыками проектирования конкурентоспособных систем управления промышленными объектами и процессами	способностью принимать решения по выбору принципа управления с учетом особенностей проектируемой системы	навыками реализации оптимальных по быстродействию систем управления	85-100
ПК-3 способность	знает	современные ме-	основные	методы	45-64

<p>строить и верифицировать математические модели систем управления процессами и объектами в технических системах на основе современных аналитических и численных методов с применением средств вычислительной техники, специализированных или универсальных программных продуктов, современных контрольно-измерительных комплексов; владение навыками численного и натурального эксперимента; умение анализировать и обобщить результаты эксперимента</p>	(пороговый уровень)	тоды математического описания, численного и аналитического исследования моделей различных физических процессов и технических устройств на их основе	подходы к идентификации динамических объектов	параметрической идентификации передаточных функций	
	умеет (продвинутый)	применять современные программные продукты для построения и анализа математических моделей технических систем	применять теоретические и экспериментальные методы построения математических моделей технических систем, выполнять их верификацию, исследование и анализ	выбирать структуру динамической модели для задачи параметрической идентификации	65-84
	владеет (высокий)	навыками планирования и проведения экспериментов для идентификации математических моделей динамических объектов и процессов	навыками статистической обработки и интерпретации результатов идентификации динамических моделей с целью оценки их достоверности	навыками постановки эксперимента для верификации модели динамического процесса	85-100
<p>ПК-4 умение разрабатывать и создавать на уровне макетов и прототипов системы автоматического управления, выполнять наладку и исследование таких систем, а также исследование, усовершенствование, наладку полномасштабных систем автоматического управления промышленными (техническими) объектами и процессами</p>	знает (пороговый уровень)	методы современной теории автоматического управления, информационных технологий и системного анализа	подходы к фильтрации сигналов в каналах обратных связей систем автоматического управления	методики реализации динамических фильтров с заданными частотными характеристиками	45-64
	умеет (продвинутый)	выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации	обосновывать принимаемые решения, осуществлять постановку и выполнять эксперименты по проверке их корректности и эффективности	разрабатывать нормативно-техническую документацию на проектируемые системы и установки, оформлять научно-технические отчеты по результатам выполненных работ	65-84

	владеет (высокий)	опытом составления технических заданий	опытом разработки аппаратных и/или программных средств систем автоматического управления	навыками настройки регуляторов систем автоматическог о управления	85-100
--	----------------------	---	---	--	--------

Критерии оценки

100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов - ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и

последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Оценка качества освоения дисциплины в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Руководящими материалами по текущему контролю успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации аспирантов.

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Перечень типовых вопросов к экзамену

1. Особенности, назначение и возможности современных программных сред моделирования систем автоматического управления.
2. Методы численного интегрирования дифференциальных уравнений.
3. Численное интегрирование методом Эйлера.
4. Численное интегрирование методом трапеций.
5. Численное интегрирование методом Рунге-Кутты.
6. Ошибки интегрирования и устойчивость численных методов.
7. Основные формы описания линейных динамических систем.
8. Описания нелинейных динамических систем.
9. Частотные и временные характеристики систем автоматического управления.
10. Анализ и синтез динамических систем методом корневого годографа.
11. Синтез системы автоматического управления методом размещения полюсов.
12. Синтез системы модального управления.
13. Системы линейно-квадратичного управления.
14. Синтез наблюдателей и фильтров Калмана.
15. Исследование наблюдаемости и управляемости динамических систем.
16. Параметрическая оптимизация САУ в частотной и временной области.
17. Линеаризация динамических систем.

18. Методы настройки систем ПИД-регулирования.
19. Фильтры с конечной и бесконечной импульсной характеристикой.
20. Фильтры низких и высоких частот, полосовые и режекторные фильтры.
21. Фильтр Баттерворта.
22. Фильтр Чебышева (первого и второго рода).
23. Эллиптический фильтр (Кауэра).
24. Фильтр Бесселя.
25. Амплитудно- и фазочастотные характеристики аналоговых и цифровых фильтров.
26. Синтез дискретных фильтров по аналоговому прототипу.
27. Дискретизация непрерывных динамических звеньев методом билинейного z-преобразования.
28. Дискретизация непрерывных динамических звеньев методом инвариантной импульсной характеристики.
29. Синтез фильтров путем обратного преобразования Фурье желаемой АЧХ.
30. Синтез фильтров методом минимизации среднеквадратического отклонения от желаемой АЧХ.
31. Быстрое преобразование Фурье
32. Дискретное косинусное преобразование.
33. Постановка задачи идентификации.
34. Подходы и формы идентификации.
35. Параметрическая идентификация
36. Идентификация динамических объектов в непрерывной форме
37. Идентификация динамических объектов в дискретной форме
38. Структурная идентификация
39. Идентификация нелинейных моделей в форме Хаммерстайна-Винера.
40. Особенности идентификации объектов с насыщением и мертвой зоной по входу и выходу.

Образец экзаменационного билета

Вопросы к экзамену по дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Билет № 1

- 1. Численное интегрирование методом Эйлера.*
- 2. Синтез системы модального управления*
- 3. Фильтр Баттерворта*

Каждый экзаменационный билет содержит три вопроса, охватывающие тематику трех из четырех разделов учебного плана дисциплины. В каждом билете разделы выбираются случайно, без повторений.

Критерии выставления оценки аспиранту на экзамене по дисциплине «Специализированные программные среды для моделирования систем автоматического управления»

Оценка **«отлично»** выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка **«хорошо»** выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет *практические работы*. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.